KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A Radio

ROČNÍK IX/2004. ČÍSLO 5

Amatérské RADIO
ŘADA B - PRO KONSTRUKTÉRY

ROČNÍK LIII/2004. ČÍSLO 5

V TOMTO SEŠITĚ

KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A RADIO

Vydavatel: AMARO spol. s r. o.
Redakce: Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel.: 2 57 31 73 11, tel./fax: 2 57 31 73 10.
Šéfredaktor ing. Josef Kellner, sekretářka redakce Eva Kelárková, tel. 2 57 31 73 14.
Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 36 Kč.
Rozšiřuje PNS a. s., Transpress spol. s r. o., Mediaprint & Kapa a soukromí distributoři.
Předplatné v ČR zajišťuje **Amaro** spol. s r. o. - Michaela Jiráčková, Hana Merglová (Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel./fax: 2 57 31 73 13, 2 57 31 73 12. Distribuci pro předplatitele také provádí v zastoupení vydavatele společnost Mediaservis s. r. o., Abocentrum, Moravské náměstí 12D, P. O. BOX 351, 659 51 Brno; tel: 5 4123 3232; fax: 5 4161 6160; abocentrum@mediaservis.cz; reklamace - tel.: 800 171 181.
Objednávky a predplatné v Slovenskej republike vybavuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Teslova 12, P. O. BOX 169, 830 00 Bratislava 3, tel./ /fax (02) 44 45 45 59, (02) 44 45 06 97 - predplatné, (02) 44 45 46 28 - administratíva; email: magnet@press.sk
Podávání novinových zásilek povoleno Českou poštou - ředitelstvím OZ Praha (č.j. nov 6005/96 ze dne 9. 1. 1996).
Inzerci v ČR přijímá redakce, Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel.: 2 57 31 73 11, tel./fax: 2 57 31 73 10.
Inzerci v SR vyřizuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Teslova 12, 821 02 Bratislava, tel./ /fax (02) 44 45 06 93.
Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor (platí i pro inzerci). Nevyžádané rukopisy nevracíme.
http://www.aradio.cz; *E-mail*: pe@aradio.cz
ISSN 1211-3557, MK ČR E 7443
© AMARO spol. s r. o.

Z dějin vědy a techniky

Historie elektřiny a magnetizmu

Vznik vodních strojů

Lidé odpradávna používali vodu nejen jako nápoj. Se vznikem zemědělství vyvstávala potřeba zavlažování. Bylo třeba i čerpat vodu ze studní. První hydraulické stroje - vahadlová čerpadla - tedy energii nevyráběly a musely se pohánět lidskou silou. Tyto mechanismy jsou doloženy již v 5. tisíciletí př. n. l. V povodí Eufratu a Tigridu bylo později (v 6. stol. př. n. l.) zkonstruováno čerpací kolo, které čerpalo vodu pro zavlažování z řek.

Od čerpacího kola byl už jen krůček k sestrojení prvního stroje, který využíval přímo energii vodního toku. Tímto strojem bylo čerpací kolo, spojené s lopatkovým kolem - noria. Je popsáno Philonem Byzantským, tedy doloženo ve 3. století př. n. l., v Egyptě je doloženo r. 230 př. n. l. Ze stejného století pravděpodobně pochází i další čerpadlo, Archimedův šroub.

Čerpadlo noria ke svému pohonu de facto používalo lopatkové kolo na spodní vodu - to se potom rozšířilo dále do Evropy i Asie.

V době existence Římského impéria se zpočátku vodní pohony příliš nerozvíjely, protože byli jako pracovní síla masově nasazováni otroci. Později, v době úpadku Říma, se však vodní stroje přece jen více rozšířily. Např. roku 361 byl na řece Mosele postaven mlýn na spodní vodu, ze 4. století pochází i Římany vybudovaný mlýn u Arles (dnešní Francie), poháněný 8 páry vodních kol. Vodu k němu přiváděl zvláštní akvadukt.

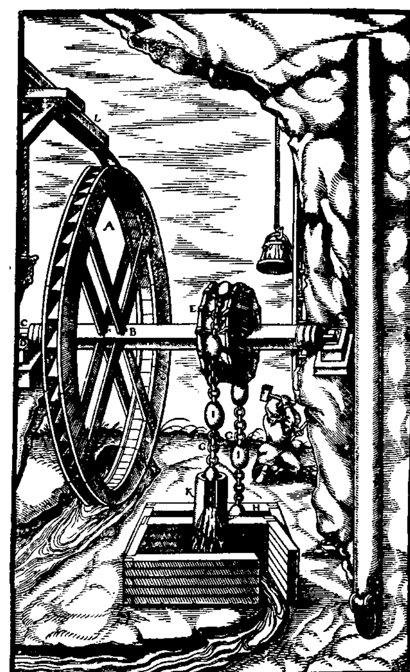
Po rozpadu Říma se technický pokrok v Evropě na několik století fakticky zastavil. Další rozvoj nastal až s hospodářským rozmachem ve 12. století - tehdy se začala vodní kola používat nejen k pohonu mlýnů, ale i hamrů, hutí a dalších zařízení. I když měla vodní energie jen omezené využití a řadu nevýhod, jiný zdroj energie v této době neexistoval. Velké množství vodních strojů, popsaných v Agricolově knize „De Re Metallica Libri XII", je toho důkazem (kniha vyšla ve druhé polovině 16. stol.).

I když vodní stroje prošly množstvím vylepšení (zavedením kola na svrchní vodu ve 14. století, zvětšením rozměrů atd.), přesto výkon těchto středověkých strojů málokdy přesáhl 10 kW a navíc měly poměrně malé otáčky. Skoro celé stroje byly také konstruovány ze dřeva (i včetně ozubených kol, hřídelů atd.), železo se jako velmi drahý materiál používalo jen výjimečně na nejvíce exponované části strojů.

Dlouho pak nebylo dosaženo kvalitativního zlepšení vodních kol, protože stávající systém byl stovkami let vývoje empiricky vylepšován a byly už vyčerpány jeho možnosti. Přesto byla ale mnohá tato zařízení obdivuhodná, zmiňme čerpací stanici na Seině z roku 1680 o „výkonu" 5000 m^3 vody za den do výšky 160 m (skutečný výkon tohoto stroje si čtenář snadno spočítá - blížil se 100 kW). Toto zařízení jistě bylo maximálním využitím dobových možností a sloužilo - k napájení vodotrysků Ludvíka XIV. Proto byl tento technický unikát během Francouzské revoluce zničen.

Základy teorie hydraulických strojů byly položeny D. Bernoullim a L. Eulerem už v první polovině 18. století. Vodní stroje se tak staly prvními stroji v dějinách s matematickým popisem a fungující teorií. Tomu přispěl i Angličan John Smeaton, který v 50. letech 18. století prováděl pokusy s modely vodních kol na vlastním měřicím zařízení. Své výslekdy pak sestavil do tabulek a publikoval.

Vynález parního stroje v Anglii vedl pak v této zemi k jeho velkému rozšíření. Ale ve Francii (parní stroje se z Ang-



Důlní čerpadlo podle Agricoly (16. století), poháněné kolem na svrchní vodu

lie nesměly vyvážet) byl větší důraz položen na vodní stroje.

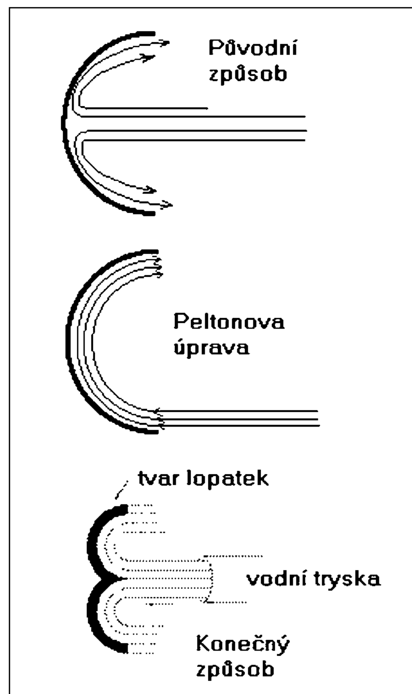
V roce 1826 byla vypsána soutěž na vodní stroj, použitelný jako pohonná jednotka v průmyslu. Charles Bourdin se do soutěže přihlásil se svojí dřevěnou turbínou (sám toto pojmenování jako první použil). Významný mechanik, V. Poncelet předvedl své kolo se zakřivenými lopatkami. Vítězně ale ze soutěže vyšel B. Fourneyron, jeho turbína dosahovala účinnosti přes 70 %. Roku 1841 Karl Anton Henschel přidal k turbíně savku, která umožnila chod turbín i při kolísání vodní hladiny. Roku 1849 pak zkonstruoval Američan James Francis další typ turbíny s účinností přes 80 %. Dnešní Francisova turbína se však od původního modelu poněkud liší.

Ve 20. století se začaly rozšiřovat i přečerpávací vodní elektrárny, které často využívají modifikovanou Kaplanovu turbínu, která může podle potřeby fungovat i jako čerpadlo (a elektrický generátor funguje jako elektromotor a turbínu roztáčí).

Lester Allan Pelton

Další významnou osobností, která se zapsala do dějin získávání energie z proudící vody, byl Lester Allan Pelton, který se narodil v roce 1829 ve Vermillionu, ve státě Ohio.

Během „zlaté horečky" se přestěhoval v roce 1850 do Kalifornie, kde se zprvu živil jako rybář, později pracoval ve zlatých dolech a skončil jako tesař a pomocník při stavbě mlýnů. V té době byla velká poptávka po nových zdrojích energie, např. pro rozemílání zlatonosných hornin. Do hlubinných dolů bylo také třeba čerpat nepřetržitě vzduch.



Vývoj lopatek oběžného kola Peltonovy turbíny

Používaly se sice parní stroje, ovšem byl problém udržovat pro ně potřebné zásoby palivového dříví. Přitom se přímo nabízelo využití vodní energie, neboť doly byly většinou v hornatých oblastech s četnými horskými řekami a vodopády. Klasická vodní kola však byla využitelná hlavně na klidně tekoucích vodách, ne v krajině s divokou vodou, mnohdy o malém objemu či průtoku. Nakonec se ukázalo, že pro malé objemy vody a velké spády je Peltonova turbína nejvhodnější.

Tehdy se již užívaly turbíny, které měly na oběžném kole nikoliv rovné plochy známé z vodních kol, ale miskovité lopatky. Pelton náhodou pozoroval práci turbíny, když se vodní přivaděč, směrovaný na střed miskovitých lopatek, pootočil tak, že voda proudila spíše k jejich vnitřním okrajům. Pelton předpokládal, že se otáčky kola zpomalí, ale k jeho velkému překvapení se naopak kolo začalo otáčet rychleji. To jej zaujalo a prohlásil, že je to velmi zajímavé. Aniž si toho byl vědom, využilo se tím částečně i reaktivní síly vody, která při proudění v miskovitých lopatkách měnila svůj směr.

Pelton pak dělal v letech 1877 až 1878 mnohé pokusy s turbínami, u kterých zkoušel různé tvary lopatek a způsoby přívodu vody a nakonec skončil u lopatek, které byly ve tvaru dvou misek - polovina vodního proudu se stáčela na jednu, druhá polovina na opačnou stranu.

V roce 1880 získal na svou turbínu patent, oběžnému kolu s jeho dvojitými lopatkami se říká Peltonovo kolo. V roce 1883 byla vypsána soutěž na nejúčinnější vodní pohon, kterou Pelton se svou turbínou s převahou vyhrál. Jeho turbína pracovala s účinností 90,2 %, zatím co turbíny jeho konkurentů jen s účinností 76,5 %, 69,6 % a 60,5 %. K využití svého patentu Pelton založil společnost, která začala s výrobou turbín. Ty se zakrátko rozšířily po celém světě a jedna z největších vyráběla 60 let elektrickou energii blízko města Nevada City.

Pelton se ke konci života usídlil v Oaklandu a zemřel jako svobodný v roce 1908.

Viktor Kaplan

Viktor Kaplan se narodil 17. 11. 1876 v Murzzuschlagu, v německy mluvící rodině železničního úředníka. Vystudoval vysokou technickou školu ve Vídni. Po jejím absolvování roku 1901 nastoupil do strojíren v Leobersdorfu a tam pracoval na vývoji výbušného motoru a pak v oddělení turbín.

V roce 1903 se stal asistentem na strojní katedře brněnské německé techniky. Byl zaujat problémem Francisovy turbíny, kterou se snažil vylepšit. Řešil rovnici o mnoha neznámých - prakticky vše experimentálně. Problém byl s tvarem lopatek, jejich počtem, natáčením atd.

V roce 1913 podal na svůj systém patentovou přihlášku a oznámil svůj vynález světu. Jeho turbína měla 800 otáček a prakticky dvojnásobnou účinnost oproti Francisově. Hlavní její předností bylo, že ji bylo možno usadit i do míst s malým rozdílem vodních hladin a dobrou účinnost vykazovala již od 5 m, díky možnosti vyklápění lopatek jak rotoru, tak statoru.

Pak ovšem přišla světová válka, která příliš nepřála vědeckým experimentům. Po ní Kaplan zjistil, že Američané jeho vynález okopírovali a už jej vyrábějí!

U nás první turbínu podle návrhu Kaplana vyrobila továrna Ignáce Storka v roce 1919. Byla spuštěna v rakouském Velmu a sloužila až do 50. let minulého století a nyní ji můžete spatřit v Technickém muzeu ve Vídni. Její účinnost byla přes 80 %! U nás byla první Kaplanova turbína uvedena do provozu v roce 1921 v elektrárně na Labi v Poděbradech.

Kaplan si finančně pomohl tím, že prodával licenční práva na výrobu svých turbín, a tak si koupil ve Štýrsku (Horní Rakousko) usedlost. Tam jej zastihla zpráva o úmrtí otce, kterého velmi miloval a to se podepsalo na jeho psychice. V roce 1922 vážně onemocněl (mozková mrtvice) a nějakou dobu nemohl s okolím vůbec komunikovat.

V té době nastaly u řady již provozovaných turbín závady, způsobené kavitací (mikroskopickým narušením homogenity materiálu vlastní turbíny i bloků, ve kterých byly rotující části usazeny). Naštěstí se Kaplan brzy zotavil, takže se nakonec řady probíhajících soudních sporů sám zúčastnil a obhajoval svůj vynález. Většina z nich nakonec dopadla dobře.

Ale rozpory utichly prakticky až v roce 1925, kdy ve Švédsku vyrobili s velkým úspěchem turbínu s průměrem 5,8 m a s výkonem přes 8 MW, která pracovala výborně.

V roce 1931 Kaplan skončil s výukou na škole v Brně, kde byl proslulý svou roztržitostí. V Rakousku si na svém sídle pořídil dílnu, ve které pak realizoval různá zlepšení nejrůznějších výrobků. Zemřel 23. 8. 1934 v rakouském Unterachu.

QX, HYN

Literatura

[1] *Lilley, S.:* Stroje a lidé v dějinách. Orbis, Praha 1973.

[2] *Ducasse, O.:* Historie des techniques. Paris 1974.

[3] *Feldhaus, F. M.:* Die Technik der Vorzeit der geschichtlichen Zeit und der Naturvölker. München 1965.

[4] *Sworykin, A. A.:* Geschichte der Technik. Leipzig 1964.

[5] *Agricola, G.:* De Re Metallica Libri XII. Praha 1976.

[6] *Bellis, M.:* Lester Allan Pelton.

ROZHLASOVÉ PŘIJÍMAČE PRO VKV A JEJICH OBVODY

Ing. Jan Šedivý

(Dokončení z KE č. 3/2004)

4.2. Několik poznámek ke konstrukci

Celý přijímač je sestaven na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 61a, rozmístění součástek na desce je na obr. 61b.

Na desce nejsou umístěny součástky pro ladění přijímače (P1, R18, R19, D4 a C40), regulátor hlasitosti P2 a reproduktor.

V případě, že přijímač bude napájen ze sítě, je vhodné použít pro ladicí napětí samostatný stabilizátor nebo alespoň napájet Zenerovu diodu D4 ze zdroje konstantního proudu. Přívod ladicího napětí od potenciometru P1 na desku ke kondenzátoru C17 musí být stíněný.

Cívky L1 až L12 jsou navinuty na bakelitovém cívkovém tělísku o průměru 6 mm z výroby TESLA Pardubice, cívky i mf obvody O01 až O04 mají nasazený stínící kryt. Cívky L4 a L5 jsou vzduchové samonosné. V cívkách L1, L2 a L3 je požito feritové jádro M4x8 z hmoty N01P (fialové), v mf obvodech O01 až O04 a ve fázovacím obvodu může být jádro N05 (modré) případně N02 (zelené). V cívce oscilátoru L6 je možné použít i mosazné jádro. Je diamagnetické, jeho zašroubováním do cívky se kmitočet zvýší! Schéma zapojení přívodů vinutí na patky kostřiček je na obr. 62a a obr. 62b. Zapojení je zakresleno při pohledu na cívky shora.

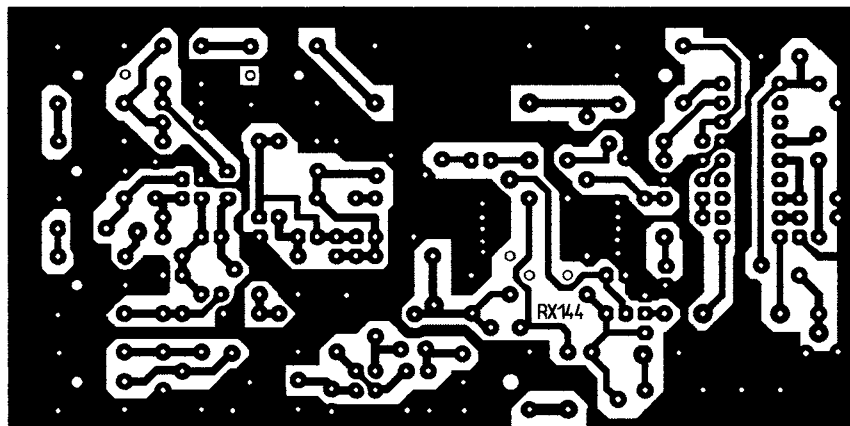
Cívka L1 má 5 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,8 mm navinutých na bakelitovém cívkovém tělísku o průměru 6 mm, mezi závity jsou mezery asi 0,5 mm. Studený konec vinutí je u patky tělíska. Odbočka je na 2. závitu od studeného konce. V cívce je feritové jádro M4x8 z hmoty N01P (fialové).

Cívky L2 a L3 mají 5 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,8 mm navinutých na bakelitovém cívkovém tělísku o průměru 6 mm, mezi závity jsou mezery asi 0,5 mm. Studený konec vinutí je u patky tělíska. V cívkách jsou feritová jádra M4x8 z hmoty N01P (fialové).

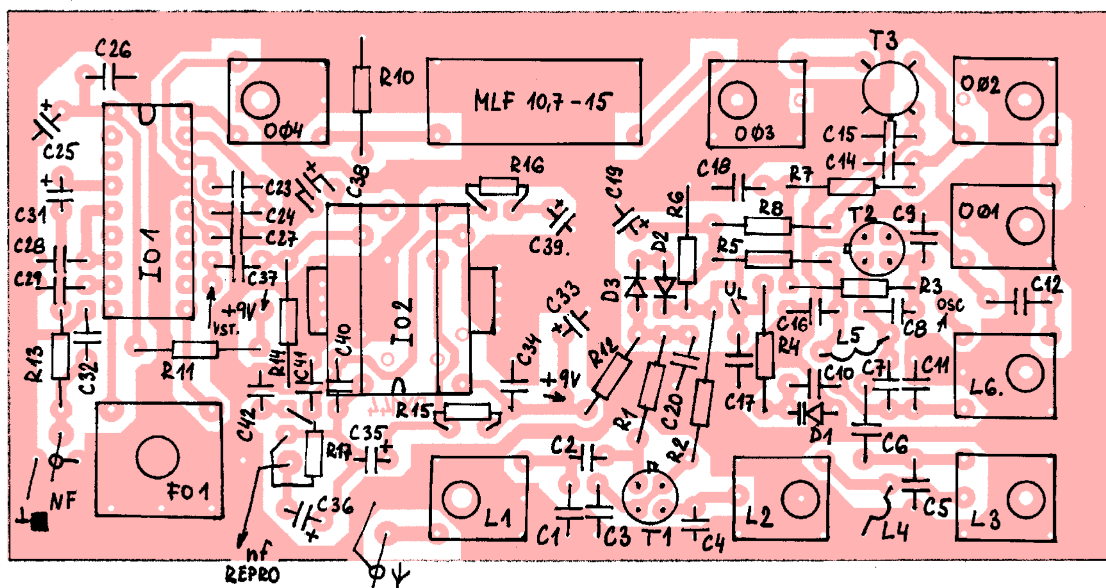
Cívka L4 je přímá propojka na straně součástek a je zhotovena z měděného pocínovaného drátu o průměru 0,8 mm.

Cívka L5 je vzduchová samonosná a má 17 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,3 mm navinutého na průměru 4 mm.

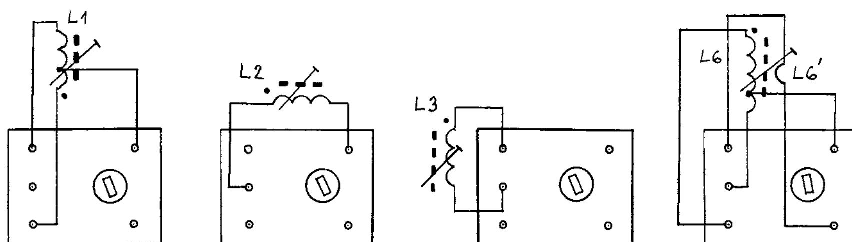
Cívka L6 má 3 závity měděného lakovaného drátu o průměru 0,5 mm navinuté na bakelitovém cívkovém tělísku



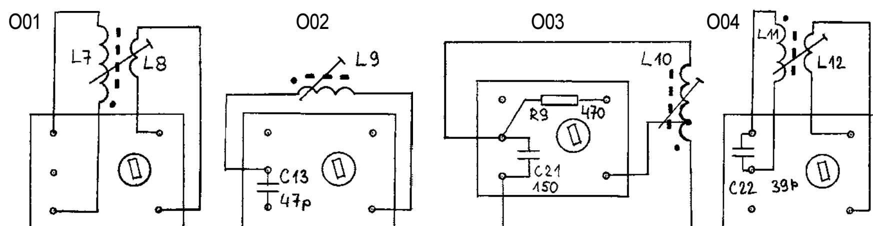
Obr. 61a. Obrazec plošných spojů FM přijímače pro pásmo 2 m (měř.: 1 : 1)



Obr. 61b. Rozmístění součástek na desce FM přijímače pro pásmo 2 m (bez měřítka)



Obr. 62a. Vf cívky - pohled shora. Tečkou jsou označeny živé konce vinutí, studené konce vinutí (= začátky vinutí u patky tělíska) jsou bez tečky



Obr. 62b. Mf obvody - pohled shora. Tečkou jsou označeny živé konce vinutí, studené konce vinutí (= začátky vinutí u patky tělíska) jsou bez tečky

o průměru 6 mm, mezi závity nejsou mezery. Studený konec vinutí je u patky tělíska. Odbočka je uprostřed vinutí. V cívce je feritové jádro M4x8 z hmoty N01P (fialové) nebo mosazné jádro (pro oscilátor pracující v pásmu 155 až 157 MHz).

Cívka L6' má 1/2 závitu měděného lakovaného drátu o průměru 0,3 mm a je navinuta asi 2 mm vedle studeného konce cívky L6 těsně u patky cívkového tělíska.

Cívka L7 mf obvodu O01 má 16 závitů měděného lakovaného a hedvábím opředeného drátu o průměru 0,15 mm navinutých na bakelitovém cívkovém tělísku o průměru 6 mm, mezi závity nejsou mezery. Studený konec vinutí je u patky tělíska. V cívce je feritové jádro M4x8 z hmoty N02 (zelené) nebo N05 (modré).

Cívka L8 mf obvodu O01 má 2 závity měděného lakovaného a hedvábím opředeného drátu o průměru 0,15 mm a je navinuta na cívce L7 u jejího studeného konce na papírovém prstýnku.

Cívka L9 mf obvodu O02 má 27 závitů měděného lakovaného a hedvábím opředeného drátu o průměru 0,15 mm navinutých na bakelitovém cívkovém tělísku o průměru 6 mm, mezi závity nejsou mezery. Studený konec vinutí je u patky tělíska. V cívce je feritové jádro M4x8 z hmoty N02 (zelené) nebo N05 (modré).

Cívka L10 mf obvodu O03 má 18 závitů měděného lakovaného a hedvábím opředeného drátu o průměru 0,15 mm navinutých na bakelitovém cívkovém tělísku o průměru 6 mm, mezi závity nejsou mezery. Studený konec vinutí je u patky tělíska (a je připojen k rezistoru R9). Odbočka je na 14. závitu od studeného konce. V cívce je feritové jádro M4x8 z hmoty N02 (zelené).

Jako mf obvod O03 lze také použít originální obvod TESLA s označením QK 869 98.

Cívka L11 mf obvodu O04 má 34 závitů měděného lakovaného a hedvábím opředeného drátu o průměru 0,15 mm navinutých na bakelitovém cívkovém tělísku o průměru 6 mm, mezi závity nejsou mezery. Studený konec vinutí je u patky tělíska. V cívce je feritové jádro M4x8 z hmoty N02 (zelené).

Cívka L12 mf obvodu O04 má 9 závitů měděného lakovaného a hedvábím opředeného drátu o průměru 0,15 mm a je navinuta na cívce L11 asi v jedné třetině od jejího studeného konce na papírovém prstýnku.

Jako mf obvod O04 lze také použít originální obvod TESLA s označením QK 872 76.

Cívka L13 fázovacího obvodu FO1 musí být stabilní a s co nejvyšším činitelem jakosti Q. Je navinuta na plastovém cívkovém tělísku o průměru 5 mm. Tělísko má pertinaxovou patku s pájecími kolíky a hliníkový stínicí kryt s čtvercovým půdorysem. Tato tělíska byla používána v různých TV přijímačích TESLA Orava.

Vinutí cívky L13 musí být provedeno zvlášť pečlivě, začátek i konec vinutí musí být přivázán režnou nití k cívkovému tělísku. K upevnění vinutí se nesmí použít žádné lepidlo ani lak!!!

Cívka L13 má 13 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,55 mm, mezi závity nejsou mezery.

V cívce je feritové jádro M4x8 z hmoty N05 (modré). Jádro je vhodné na konci zašroubovaném do cívky ubrousit pod úhlem asi 45°, aby bylo možné jemně nastavit indukčnost cívky (přesné naladění je v okolí rezonance velmi ostré). Jádro zajistíme v cívce gumičkou.

Anténní přívod je vhodné vybavit nějakým vf konektorem (BNC, IEC) a konektor propojit s anténním vstupem na desce přijímače koaxiálním kabelem. Integrovaný obvod MBA810 nebo MBA810DS (provedení s páskovými vývody pro pájení) nemusí mít chladič, u přijímače nepředpokládáme požadavek většího nf výkonu.

Celý přijímač musí být umístěn na nějakém chassis nebo v krabičce, aby byla konstrukce mechanicky pevná (kvůli stabilitě kmitočtu oscilátoru).

Číslicovou stupnici nebo frekvenční syntezátor je možné připojit na vazební vinutí L6' u cívky oscilátoru. Vazba musí být volná, vazební vinutí má jen půl závitu a dodává napětí asi 5 mV na zátěži 75 Ω.

4.3. Naladění a uvedení přijímače do provozu

K základnímu naladění postačí signální generátor a čítač a osciloskop, pro optimální nastavení vazby mezi cívkami L2 a L3 je vhodný rozmítač.

K přijímači připojíme reproduktor a napájecí napětí 9 V a zkontrolujeme voltmetrem ss napětí na tranzistorech T1, T2 a T3. Orientační velikosti napětí jsou uvedeny ve schématu na obr. 60. Nejprve nastavíme mf zesilovač. Zkratujeme L6, aby oscilátor nekmital a L7 zatlumíme rezistorem s odporem 75 nebo 56 Ω (podle výstupní impedance signálního generátoru). Generátor s přesnou frekvencí 10,7 MHz modulovaný frekvenčně tónem 1 kHz se zdvihem asi 8 až 10 kHz připojíme přes kondenzátor o kapacitě 10 nF na kolektor T2. Otáčením jádra v cívce fázovacího článku FO1 nastavíme optimální demodulaci, přitom demodulovaný nf signál sledujeme osciloskopem připojeným na C32. Ladění fázovacího článku FO1 v okolí rezonance je velmi ostré, ke konečnému přesnému naladění musíme použít šroubovák z plastické hmoty, zbroušenou zápalku nebo jiný podobný nástroj, který nepůsobí rozladění obvodu při jeho zasunutí do cívky. Napětí generátoru snižujeme a doladíme obvody O03 a O04 na největší zesílení mf zesilovače a nejmenší zkreslení. Při nesprávném naladění těchto obvodů je výstupní nf průběh silně zkreslen lichými harmonickými, které jsou dobře patrné jako zvlnění resp. parazitní modulace sinusového průběhu základního kmitočtu nf modulace. Pak generátor připojíme přes kondenzátor o kapacitě 10 nF v serii s rezistorem o odporu asi 1 kΩ na emitor tranzistoru T2. Odpojíme tlumící rezistor z L7. Naladíme do rezonance obvody O01 a O02 na maximální citlivost pro zkušební signál z generátoru.

Dalším krokem je nastavení vf zesilovače. Rozmítač na kmitočtu 145 MHz připojíme na anténní vstup přijímače. Na emitor tranzistoru T2 připojíme přes kondenzátor o kapacitě 2,2 pF detekční sondu. Nastavíme cívky L2 a L3 do rezonance, aby střed křivky byl na 145 MHz a vazbu upravíme tvarováním cívky L4 tak, aby šířka pásma propusti s cívkami L2 a L3 byla 3 MHz (maximálně 5 MHz). Cívku L1 nastavíme na maximální zisk vf zesilovače. Cívky L2 a L3 není jednoduše možné naladit při příjmu vstupního signálu, neboť naladění zejména L3 poněkud ovlivňuje kmitočet oscilátoru, takže při určitém rozladění se též odladí oscilátor (byť jen o několik kHz) a to při malé šířce mf

pásma způsobí odladění přijímaného kmitočtu.

Nemáme-li rozmítač, pak je možné nastavit vstup přijímače signálním generátorem na největší napětí na sondě v okolí kmitočtu 145 MHz, vazbu je možné orientačně zjistit rozladěním generátoru na obě strany od středního kmitočtu a měřením celkové kmitočtové charakteristiky propusti.

Další možností je vybavit přijímač modulem frekvenční syntézy, který je popsán dále. Syntézu nastavíme na frekvenci oscilátoru a vstupní obvody doladíme na největší citlivost. Oscilátor se nebude při změnách nastavení cívek L2 a L3 rozlaďovat, neboť frekvenční syntéza bude i malé změny kmitočtu přesně dolaďovat.

Rozmítač odpojíme a odstraníme zkrat na L6. Potenciometr P1 natočíme na horní doraz a tím nastavíme ladicí napětí 6 až 6,2 V. Snímací smyčku na kabelu od čítače nebo vlnoměru (1 závit drátu na průměru 1 cm) přiblížíme k cívce L6 nebo čítač připojíme na cívku L6'. Jádrem nastavíme kmitočet oscilátoru asi 135,8 MHz. Nyní zmenšujeme ladicí napětí a současně měříme kmitočet. Při kmitočtu 132,8 MHz by ladicí napětí mělo být asi 3 až 3,5 V. Pokud není, je třeba buď vyměnit varikap D1 nebo změnit kapacitu C10 a postup zopakovat. Posledním krokem je určení odporu rezistoru R18. Odpor tohoto rezistoru závisí na odporu ladicího potenciometru a na ladicím napětí oscilátoru pro dolní začátek kmitočtového rozsahu přijímače. Velikost odporu *R18* zvolíme tak, aby na dolním dorazu ladicího potenciometru byl kmitočet oscilátoru asi 132,8 MHz.

Tím je nastavení ukončeno. Citlivost přijímače musí být pro nezkreslený a „nezašumělý" příjem signálu nejvýše 1 μV. K přijímači připojíme anténní dipól pro kmitočet 145 MHz a ověříme funkci přijímače poslechem provozu na amatérském pásmu.

4.4. Seznam součástek přijímače z obr. 60

rezistory - miniaturní TR212 nebo TR191

R1, R8	470 Ω
R2, R3, R7, R19	560 Ω
R5	820 Ω
R6	2,2 k Ω
R9	470 Ω (TR 191)
R10	10 kΩ
R11	10 Ω
R12, R15	100 Ω
R13	1 kΩ
R14	100 kΩ
R16	56 Ω
R17	1 Ω
R18	1 až 10 kΩ podle odporu potenciometru P1, viz text

potenciometry

P1	10 až 50 kΩ, desetiotáčkový potenciometr
P2	25 kΩ/G, potenciometr logaritmický, např. TP 160

kondenzátory keramické TK 656, TK 676, TK 696

C1	4,7 pF
C2	2,2 pF
C4	6,8 pF
C5	5,6 pF
C6	1,5 pF
C7	3,3 pF
C8	18 pF
C10	8,2 pF
C11	4,7 pF
C12	68 pF

kondenzátory keramické TK 754, TK 774,TK 724,TK 774, TK 744, TK 725, TK745

C3	150 pF
C16	470 pF
C13	47 pF
C14	470 pF
C9	1,5 nF
C21	150 pF
C22	39 pF
C40	470 pF
C41	3,3 nF
C17, C18, C15, C32	10 nF
C23, C24	22 nF

kondenzátory keramické TK 782

C20, C27, C28, C29, C26, C34, C37, C42	100 nF

kondenzátor styroflexový nebo slídový s velkou jakostí a stabilní

C30	270 pF

kondenzátory elektrolytické radiální

C19, C40	220 μF/16 V
C25 (ve schématu na obr. 60 v KE3/2004 je tento kondenzátor omylem označen jako C27), C35, C38, C39	100 μF/16 V
C31	4,7 μF/35 V
C36	1000 μF/10 V
C33	470 μF/16 V

filtry

MLF	bilitický filtr MLF 10,7-15, výrobek TESLA Hradec Králové (z rozebrané radiostanice PR 21, PR 22, VR 20 apod.)

cívky

L1 až L13	viz text

polovodičové součástky

T1	AF139 nebo AF109
T2	AF106 nebo AF139, GF505
T3	GT322 nebo AF428, OC170 apod.
IO1	TDA1596
IO2	MBA810DS
D1	BB121A
D2, D3	KA206 nebo KA501, KA261 apod. (1N4148)
D4	KZ260/6V2 (Zenerova dioda 6,2 V/1 W)

deska s plošnými spoji č. RX144

5. Jednoduchý komunikační přijímač pro pásmo 45 až 860 MHz

5.1. Základní koncepce a popis zapojení

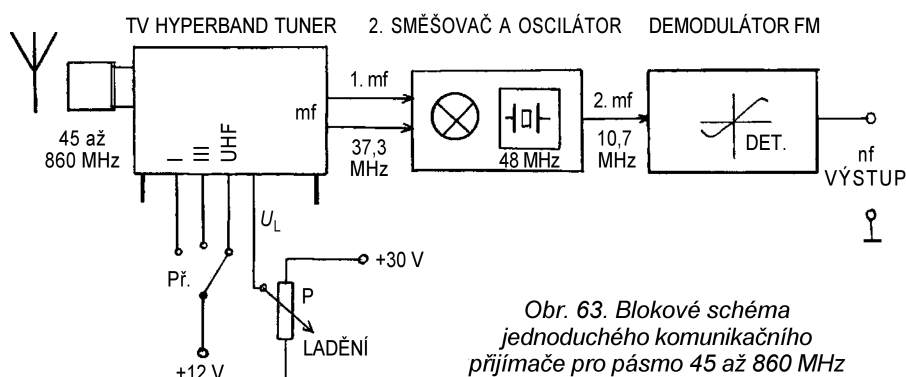
Přijímač, jehož blokové schéma je na obr. 63, umožňuje přijímat signály z VHF a UHF pásma v rozsahu kmitočtů asi 45 až 860 MHz.

Podrobné schéma přijímače je na obr. 64.

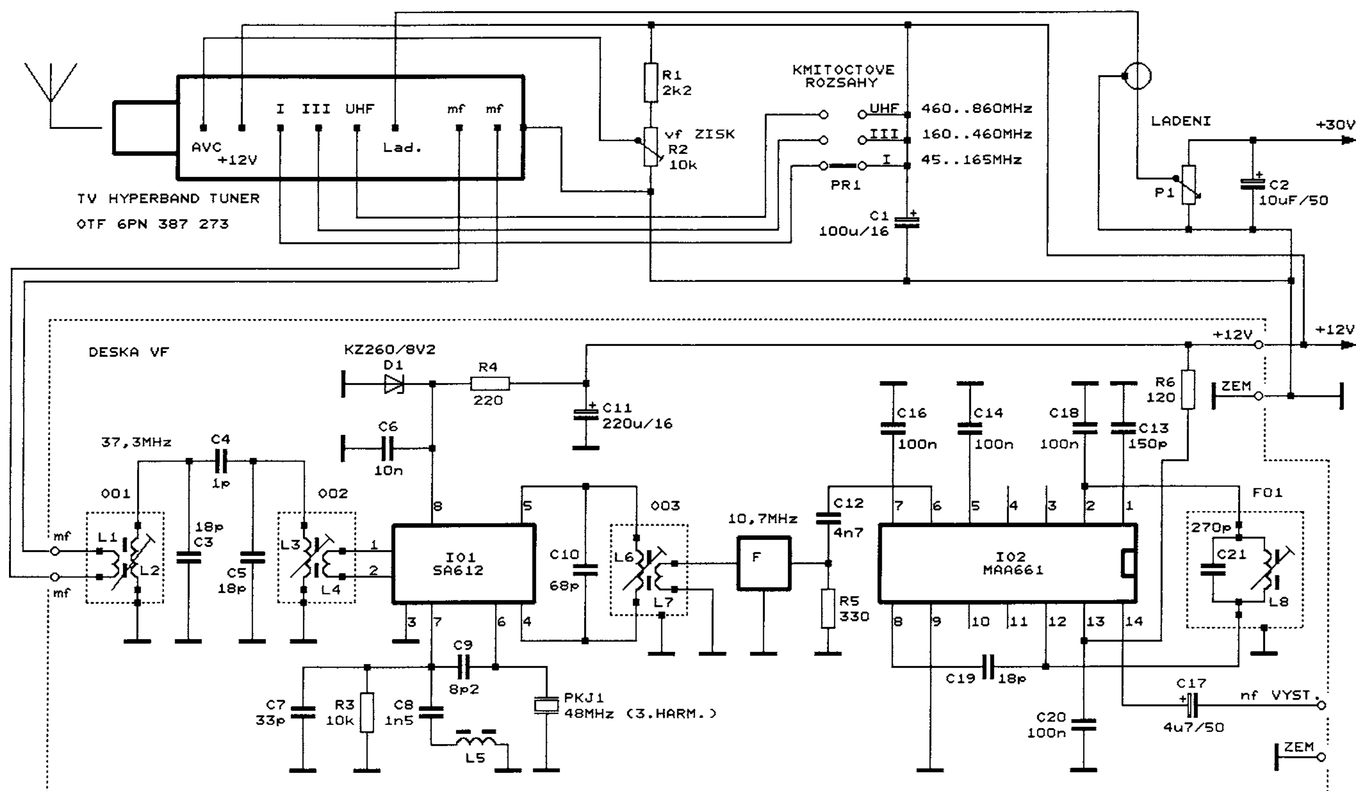
Přijímač je zapojen jako superhet s dvojím směšováním. Zapojení obsahuje tři základní bloky. Jsou to: TV tuner, 2. směšovač s krystalovým oscilátorem a 2. mf zesilovač s demodulátorem FM.

Jako vstupní díl byl použit tovární televizní kanálový volič - tzv. hyperband tuner. Tento tuner obsahuje kombinovanou jednotku pro příjem VHF pásma až do kmitočtu asi 460 MHz a UHF díl s možností ladění od 460 do 860 MHz.

K ladění jsou použity varikapy - v nových televizorech se ladění provádí napěťovou nebo frekvenční syntézou a ve starších typech mechanickou předvolbou s ladicími potenciometry.



Obr. 63. Blokové schéma jednoduchého komunikačního přijímače pro pásmo 45 až 860 MHz



Obr. 64. Jednoduchý komunikační přijímač pro pásmo 45 až 860 MHz

Signál přijímaného kmitočtu přichází do anténního konektoru IEC se jmenovitou impedancí 75 Ω. Na symetrickém výstupu tuneru je standardní televizní mf signál s kmitočtem nosné obrazu 38 nebo 38,9 MHz. Šířka mf pásma je 8 MHz, mf signál má tedy kmitočtový rozsah asi 39 až 31 MHz. Oscilátor v tuneru kmitá na všech pásmech o kmitočet mezifrekvence nad přijímaným kmitočtem.

Pro využití v komunikačním přijímači může být kmitočet první mezifrekvence zvolen libovolně v uvedeném pásmu mf kanálu.

Mf signál z tuneru o relativně vysokém kmitočtu by bylo obtížné přímo filtrovat, zesilovat a demodulovat na nf signál, a proto je 2. směšovačem přeměněn na signál 2. mezifrekvence o kmitočtu 10,7 MHz. Ke směšování je použit kmitočet z krystalového oscilátoru. Vzhledem k tomu, že jsou dobře dostupné „počítačové“ krystaly s vhodným kmitočtem 48 MHz (3. harmonická), je z mezifrekvence tuneru (tj. z 1. mezifrekvence) využit kmitočet 37,3 MHz, který po odečtení od kmitočtu krystalu dá požadovaný kmitočet 10,7 MHz druhé mezifrekvence.

Signál 2. mezifrekvence je filtrován keramickým filtrem se šířkou pásma asi 150 kHz a dále zesilován a demodulován běžným integrovaným obvodem pro mf zesilovače FM.

Přijímané pásmo 45 až 860 MHz je rozděleno na tři rozsahy: VHF I je asi od 45 do 165 MHz, pásmo VHF III je přijímatelné asi od 160 do 460 MHz a pásmo UHF má jeden rozsah od asi 460 do 860 MHz. Hraniční kmitočty jsou uvedeny přibližně proto, že tunery různých výrobců i různých kusů se mírně liší a hranice pásma se navzájem překrývají.

Mf výstup tuneru neobsahuje laděný obvod a má malou impedanci (typicky 100 až 300 Ω) a je přizpůsoben pro připojení fitru PAV obrazové mf.

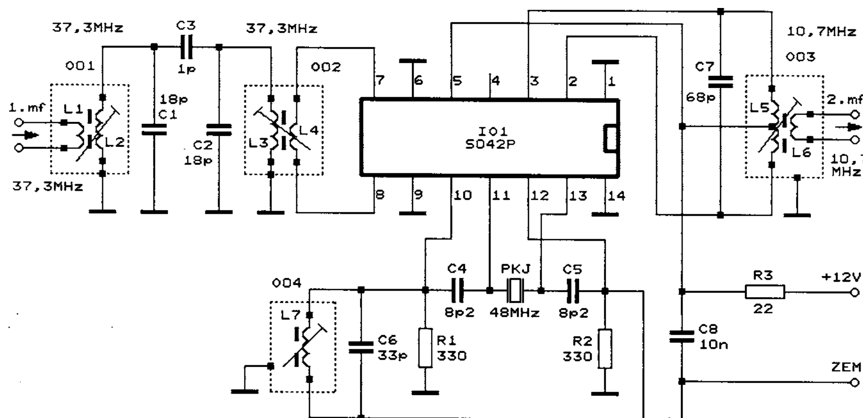
Využití televizního filtru PAV nemá v komunikačním přijímači význam, naopak je nutné žádaný kmitočet 37,3 MHz první mezifrekvence co nejselektivněji odfiltrovat.

Filtr je tvořen dvojitou kapacitně vázanou pásmovou propustí s rezonančními obvody O01 a O02 a má šířku pásma asi 1 až 2 MHz.

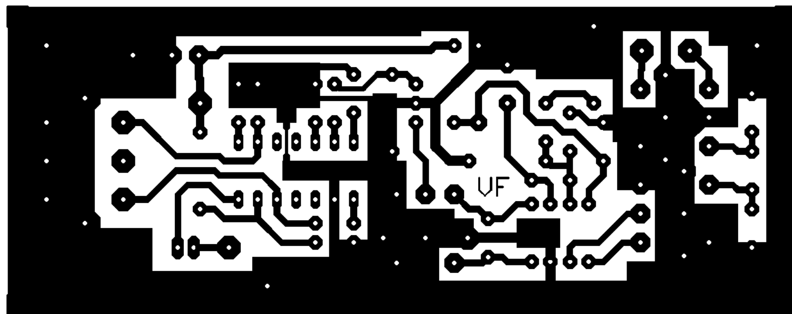
Signál první mezifrekvence z tuneru je na obvod O01 navázán symetricky vazební cívkou L1, směšovač s obvodem SA612 nebo NE 612 (IO1) je navázán na obvod O02 také symetricky vazebním vinutím L4.

Obvod SA612 obsahuje balanční směšovač a oscilátor. Na výstup směšovače (tj. na kolektory tranzistorů vnitřní integrované struktury) je připojen rezonanční obvod O03 naladěný na kmitočet 10,7 MHz druhé mf. Vazebním vinutím L7 je na obvod O03 navázán keramický filtr 10,7 MHz.

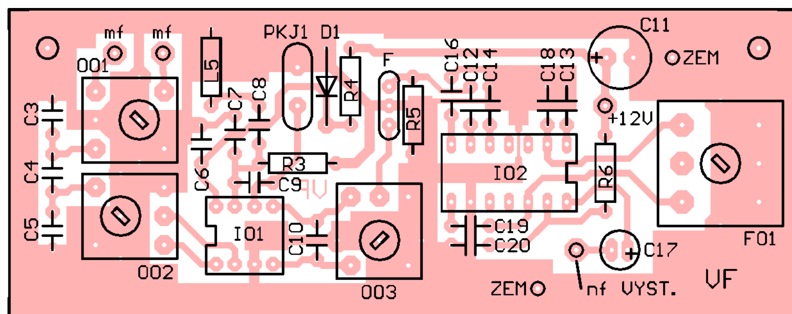
Oscilátor v obvodu SA612 je tvořen tranzistorem v zapojení se společným kolektorem. Emitor tohoto tranzistoru je na vývodu *7* IO1 a báze na vývodu *6* IO1. Oscilátor je zapojen s krystalem PKJ o frekvenci 48,000 MHz. Krystal je broušen z výroby na 3. harmonickou základní rezonance. Aby oscilátor kmital na správné frekvenci 3. harmonické výbrusu, je v oscilátoru kromě zpětnovazebního kapacitního děliče C9 a C7 ještě cívka L5, která tvoří s kondenzátorem C7 paralelní rezonační obvod. Tento obvod je naladěn mezi základní



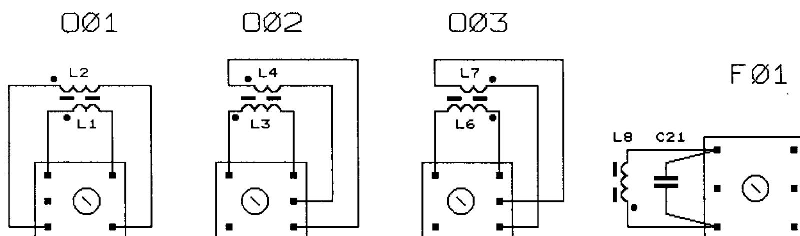
Obr. 65. Varianta zapojení směšovače s obvodem S042P v jednoduchém komunikačním přijímači pro pásmo 45 až 860 MHz z obr. 64



Obr. 66a. Obrazec plošných spojů jednoduchého komunikačního přijímače z obr. 64 (měř.: 1 : 1)



Obr. 66b. Rozmístění součástek na desce jednoduchého komunikačního přijímače z obr. 64



Obr. 66c. Mf obvody - pohled shora. Tečkou jsou označeny živé konce vinutí, studené konce vinutí (= začátky vinutí u patky tělíska) jsou bez tečky

rezonanci PKJ a 3. harmonickou a zamezuje tak rozkmitání oscilátoru na základní rezonanci, na které bývá ztrátový odpor ESR krystalu menší (a oscilační tranzistor má na nižším kmitočtu také větší zesílení).

IO1 je napájen napětím 8 V, které je stabilizováno Zenerovou diodou D1.

TV tuner se napájí napětím 12 V, pásma se přepínají elektronicky v tuneru pomocí spínacích diod tak, že se na vývod požadovaného pásma připojí napětí +12 V. Vývody napájení zbylých dvou pásem musí zůstat nepřipojeny.

Vstupní zesilovač v tuneru tvoří obvykle tranzistor MOSFET, jehož zisk se řídí napětím AVC. Napětí AVC je u všech TV tunerů typizováno tak, že při U_{AVC} = 9 V má vstupní zesilovač největší zisk. Zisk se zmenšuje zmenšováním napětí AVC. Zisk je možné regulovat v rozsahu až 40 dB.

V přijímači podle obr. 64 řídicí obvody AVC nejsou a zisk vf zesilovače (a tím i citlivost celého přijímače) se reguluje ručně trimrem R2 o odporu 10 kΩ.

Ladicí napětí pro varikapy je v rozsahu asi 0,5 až 30 V, k ladění je použit potenciometr P1. Vhodný je desetiotáčkový typ. Ladicí napětí musí být dobře filtrováno a stabilizováno.

Popisovaný přijímač je konstruován pro příjem FM signálů. Demodulace je provedena starším obvodem MAA 661 z výroby TESLA v základním katalogovém zapojení.

Přijímač umožňuje přijímat veškeré FM signály s velkým zdvihem, tj. rozhlasové vysílání a zvukový doprovod televizního vysílání na všech kanálech (přijímač byl původně navržen k příjmu referenčního signálu k obnovení synchronizačních impulsů v systému TV vysílání MMDS).

Dále přijímač umožňuje přijímat i úzkopásmový FM provoz ve všech pásmech pohyblivé služby, letištní provoz v pásmu 110 až 120 MHz atd.

Aby byla demodulace úzkopásmové FM účinná, je třeba, aby měl fázovací obvod FO1 co největší jakost. Zúžení mf šířky pásma u druhé mezifrekvence by podstatně zlepšilo citlivost přijímače při příjmu FM radiokomunikačního provozu, ale šířka pásma pod asi 100 kHz naráží na problém zajištění stability naladění kmitočtu prvního oscilátoru ve vstupním tuneru. V takovém případě by musela být frekvence oscilátoru v tuneru stabilizována frekvenční syntézou.

Na obr. 65 je uvedena varianta zapojení směšovače s obvodem S042P. Princip funkce je stejný jako u obvodu SA612, obvod S042P má však podstatně větší vf vybuditelnost a odolnost proti intermodulaci. Kvůli dosažení co největší odolnosti je proud balančního směšovače zvětšen rezistory R1 a R2 o odporu 330 Ω.

Oscilátor pracuje v symetrickém zapojení a kmitá na třetí harmonické krystalu PKJ. Výstupní mf laděný obvod O03 (10,7 MHz) je navázán na vyvážený směšovač symetricky. Cívka L5 je navinutá bifilárně, vazební vinutí L6 je umístěno uprostřed. Zesílení směšovače z obr. 65 je asi 20 dB.

Na pozici mf zesilovače je možné použít kterýkoliv z dříve popsaných mf zesilovačů s demodulátorem FM.

Přijímač je možné doplnit S-metrem, číslicovou indikací kmitočtu apod. Citlivost takto sestaveného přijímače je asi 5 μV.

5.2. Poznámky ke konstrukci, uvedení do provozu

Pásmová propust první mezifrekvence, směšovač a zesilovač a demodulátor druhé mezifrekvence jsou zapojeny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 66a, rozmístění součástek na desce je na obr. 66b.

Součástky jsou běžného provedení. Cívky jsou navinuté na cívkových tělískách z výroby TESLA Pardubice o průměru 6 mm se stínicím krytem, cívka fázovacího obvodu je cívkovém tělísku TESLA Orava, konstrukce obvodu je popsána u zapojení mf zesilovačů v předchozí části.

Cívka L1 obvodu O01 má 2 závity měděného lakovaného drátu o průměru 0,25 mm a je navinuta mezi závity L2 u jejího studeného konce.

Cívky L2 a L3 (obvodu O01 a O02) mají 13 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,5 mm navinutých na bakelitovém cívkovém tělísku o průměru 6 mm, mezi závity nejsou mezery. Studený konec vinutí je u patky tělíska. V cívkách jsou feritová jádra M4x12 z hmoty N02 (zelené).

Cívka L4 obvodu O02 má 3 závity měděného lakovaného drátu o průměru 0,25 mm a je navinuta mezi závity L3 u jejího studeného konce.

Cívka L5 má 25 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,25 mm navinutých na feritové tyčince o průměru 2 mm z hmoty N02 nebo N05.

Cívka L6 obvodu O03 má 20 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,3 mm navinutých na bakelitovém cívkovém tělísku o průměru 6 mm, mezi závity nejsou mezery. V cívce je feritové jádro M4x12 z hmoty N05 (modré).

Cívka L7 obvodu O03 má 5 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,25 mm a je navinuta uprostřed na cívce L6.

Cívka L8 fázovacího obvodu FO1 je shodná s cívkou L13, jejíž navíjecí předpis je na straně 4 tohoto čísla časopisu.

Tuner je umístěn samostatně, deska mezifrekvence se propojí krátkým kouskem plochého zvonkového vodiče nebo TV dvoulinkou.

Do přijímače je možné použít libovolný „všepásmový“ televizní tuner. Autor v zapojení použil kanálový volič TESLA Orava s typovým číslem OTF 6PN 387 273. Celkové zesílení tuneru mezi anténním konektorem a mf výstupem je asi 35 až 40 dB.

Pokud použijeme starší tuner z televizních přijímačů Orava řady Color 110 a 416, Merkur, Uran atd., bude možné přijímat pouze signály v normalizovaných pásmech I, III a UHF. Tyto tunery mají menší zesílení asi do 30 dB a přijímají I. pásmo pouze v rozsahu asi 47 až 100 MHz, III. pásmo v rozsahu asi 160 až 230 MHz a UHF pásmo od 470 do 860 MHz.

Některé zahraniční tunery mají celkem čtyři pásma: I. pásmo od 47 do 100 MHz, III. pásmo asi 100 až 300 MHz, pásmo „hyperband“ 300 až 470 MHz a pásmo UHF 470 až 860 MHz.

Výstup mezifrekvence starších tunerů je nesymetrický, mf blok se připojí souosým kabelem a jeden konec cívky L1 se uzemní.

K nastavení celého přijímače postačí signální generátor nebo i signál zvukového doprovodu TV vysílání na libovolném kanálu, na který naladíme přijímač potenciometrem P1.

Fázovací obvod FO1 nastavíme tak, aby demodulovaný nf signál byl nezkreslený (ladění cívky L8 je ostré), zkušební FM signál zavedeme na filtr 10,7 MHz.

Cívka L5 se neladí, pokud má malou indukčnost, oscilátor nekmitá.

Obvody O01, O02 a O03 nastavíme na největší sílu signálu při postupném zmenšování citlivosti přijímače trimrem R2.

5.3. Seznam součástek přijímače z obr. 64

rezistory - miniaturní TR212

R1	2,2 kΩ
R3	10 kΩ
R4	220 Ω
R5	330 Ω
R6	120 Ω

trimry a potenciometry

R2	10 kΩ, libovolný trimr
P1	10 až 50 kΩ, desetiotáčkový potenciometr

kondenzátory keramické TK 754, TK 774, TK 724, TK 744, TK 755, TK 775, TK 725, TK 745

C3, C5	18 pF
C10	68 pF
C7	33 pF
C9	8,2 pF
C8	1,5 nF
C6	10 nF
C12	4,7 nF
C13	150 pF
C19	18 pF

kondenzátory keramické TK782

C14, C16, C18, C20	100 nF

kondenzátor keramický TK 656

C4	1 pF

kondenzátor styroflexový nebo slídový s velkou jakostí a stabilní

C21	270 pF

kondenzátory elektrolyty radiální

C1	100 μF/16 V
C11	220 μF/16 V
C2	10 μF/ 50 V
C17	4,7 μF/ 50 V

cívky a laděné obvody

L1 až L8	viz text

polovodičové součástky

D1	KZ260/8V2
IO 1	SA612 nebo NE612
IO2	MAA661

ostatní součástky

PKJ 1	krystal 48 MHz (3. harmonická)
F	keramický mf filtr 10,7 MHz, E10.7 S
TV hyperband tuner - všepásmový TV kanálový volič, např. OTF 6PN 387 273 nebo podobný (KYC apod.)	
Př. 1	přepínač pásem

deska s plošnými spoji č. VF

5.4. Seznam součástek směšovače z obr. 65

R1, R2	330 Ω, TR 212
R3	22 Ω, TR 212

kondenzátory - typy shodné jako u zapojení na obr. 64

C1, C2	18 pF
C3	1 pF
C4, C5	8,2 pF
C7	68 pF
C6	33 pF
C8	10 nF/W

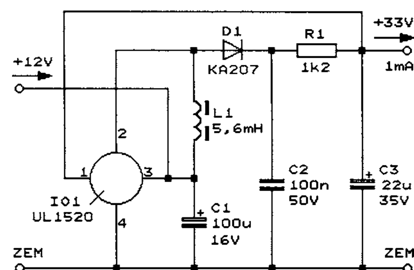
cívky

Cívky L1 a L2 obvodu O01 a cívky L3 a L4 obvodu O02 jsou shodné s cívkami L1 až L4 na straně 7 tohoto čísla časopisu.

Cívka L5 obvodu O03 má 2x 10 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,3 mm navinutých bifilárně na bakelitovém cívkovém tělísku o průměru 6 mm (TESLA Pardubice), mezi závity nejsou mezery. V cívce je feritové jádro M4x12 z hmoty N05 (modré).

Cívka L6 obvodu O03 má 5 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,25 mm a je navinuta uprostřed na cívce L5 na papírovém prstýnku.

Cívka L7 obvodu O04 má 13 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,5 mm navinutých na bakelitovém cívkovém tělísku o průměru 6 mm (TESLA Pardubice), mezi závity nejsou mezery. Studený konec je u patky tělíska. Do cívky je zcela zašroubováno feritové jádro M4x12 z hmoty N02 (zelené).



Obr. 67. Impulsní zdroj ladicího napětí 33 V. Vývody IO1 jsou číslovány při pohledu na pouzdro IO zespodu

polovodičové součástky

IO1	S042P

5.5. Impulsní zdroj ladicího napětí 33 V

Na obr. 67 je schéma zdroje ladicího napětí + 33 V s integrovaným obvodem UL1520 (IO1). Je to obvod polské výroby CEMI a je nabízen v sortimentu firmy Tipa z Opavy asi za 20 Kč/kus. Je v malém kulatém kovovém pouzdru (jako tranzistor KC 508) se čtyřmi drátovými vývody.

Obvod UL1520 obsahuje malý impulsní měnič, který kmitá na frekvenci kolem 100 kHz dané indukčností cívky L1 (5,6 mH). Impulsy z výstupu měniče, které mají pravoúhlý tvar, jsou usměrněny diodou D1 (KA207) a tím je vytvořeno ss napětí 33 V, které je filtrováno kondenzátorem C2 (100 nF), rezistorem R1 (1,2 kΩ) a elektrolytickým kondenzátorem C3 (22 μF). Výstupní napětí je přesně stabilizováno zpětnou vazbou zavedenou do vývodu *1* IO1. Výstupní proud zdroje může být maximálně 1 mA.

Jako cívku L1 je možné použít radiální tlumivku 5,6 mH na feritovém válečku z GM Elektronic. Cívku je nutné stínit hliníkovým krytem, aby harmonické složky základního kmitočtu měniče nerušily v jiných částech přijímače.

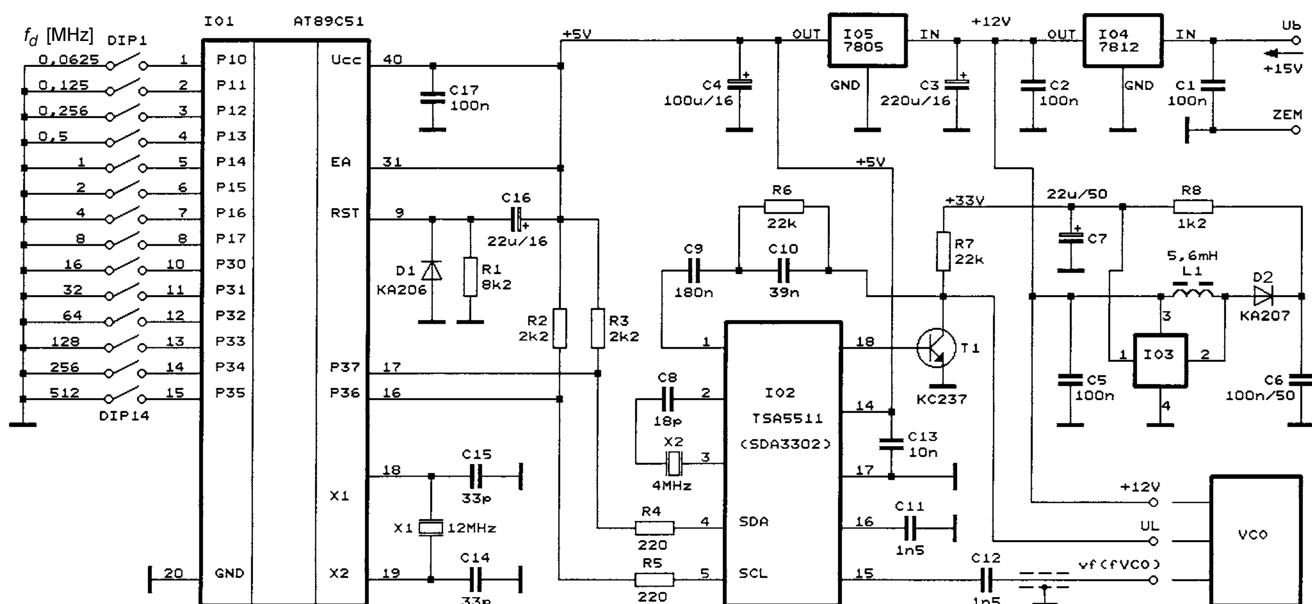
6. Modul frekvenční syntézy

6.1. Popis zapojení

Na obr. 68 je schéma zapojení univerzálního modulu frekvenční syntézy s integrovaným obvodem TSA5511. Modul obsahuje syntezátor, řídicí mikroprocesor s programem a stabilizátory napětí 5 V, 12 V a 33 V.

Syntezátor je realizován na jedné desce a tvoří kompletní montážní modul pro různé aplikace ve vf technice. Pomocí čtrnácti spínačů DIP umožňuje volitelně pevně nastavovat kmitočet oscilátoru (VCO) v pásmu 20 až 1200 MHz s krokem 62,5 kHz.

Obvod TSA5511 (výrobce Philips) nebo totožný obvod SDA3302 (výrobce Siemens) (IO2) obsahuje úplný frekvenční syntezátor s PLL. V obvodu je



Obr. 68. Modul frekvenční syntézy. Výsledný kmitočet f_{VCO} je roven součtu dílčích kmitočtů f_d odpovídajících sepnutým spínačům DIP1

integrován vstupní zesilovač a tvarovač vf signálu z oscilátoru, soustava pevných a programovatelných děliček kmitočtu, krystalem řízený oscilátor referenčního kmitočtu a dělička, která dodává vnitřní referenční signál f_{ref} o kmitočtu 7,8125 kHz. Zjednodušené blokové schéma obvodu je na obr. 69. Podrobnější informace lze nalézt např. v [31] (viz KE 3/2004).

Referenční signál f_{ref} se porovnává v kmitočtově-fázovém detektoru se signálem z programovatelného děliče a výstupními impulsy z detektoru se řídí nabíjecí a vybíjecí proudový zdroj. Proudové impulsy jsou filtrovány aktivním integrátorem, který obsahuje operační zesilovač v IO2 a tranzistor T1 připojený na vývod 18 IO2. Součástí integrátoru je filtr tvořený součástkami C9, C10 a R6. Takto zapojený integrátor je schopen dodávat výstupní ladicí napětí v širokém rozsahu od asi 0,2 V (saturační napětí tranzistoru T1) až do 33 V (napětí zdroje ladicího napětí).

Integrovaný obvod TSA5511 obsahuje ještě celkem 7 jednobitových portů, které se využívají pro přepínání pásem kanálového voliče při použití tohoto obvodu v televizorech. V popisovaném modulu syntézy nejsou porty nijak využívány, a je proto možná záměna všech typů obvodů SDA3302-x, SDA3202 a TSA 5511.

Mezi vývody *2* a *3* IO2 je připojen přes kondenzátor C8 krystal s frekvencí 4 MHz. Úpravou kapacity kondenzátoru C8 je možné nastavit přesný referenční kmitočet. Kmitočet krystalového oscilátoru se vnitřní děličkou dělí číslem 512 na vnitřní referenční kmitočet f_{ref} = = 7,8125 kHz.

Kmitočet signálu *osc.* z napětím laděného oscilátoru přijímače (VCO), který je přiváděn na vývod *15* IO2, se před zavedením do programovatelné děličky dělí nejprve pevnou předděličkou v poměru 1:8. Tím je dán nejmenší krok syntézy 62,5 kHz.

Vývod *15* IO2 je vf vstup pro připojení vf signálu z napětím laditelného oscilátoru VCO. Zaručená citlivost tohoto vf vstupu je asi 10 mV pro kmitočty od 80 do 500 MHz, pro kmitočty od 500 do 1000 MHz je minimální vstupní napětí asi 14 mV a pro kmitočty do 1200 MHz asi 40 mV. V praxi má obvod TSA5511 citlivost podstatně větší, ke spolehlivé činnosti stačí napětí asi 5 mV v celém pásmu. Maximální vstupní napětí vf signálu nemá převýšit 315 mV. Jmenovitá impedance vf vstupu je 50 Ω.

Číslicová část obvodu IO2 je napájena napětím +5 V z monolitického stabilizátoru IO5. Ladicí napětí +33 V je získáno měničem s obvodem IO3 typu UL1520 (tento měnič byl již popsán v odstavci 5.4.). Měnič se napájí napětím +12 V ze stabilizátoru IO4. Výstup napětí +12 V je z desky vyveden pro další využití. Celý modul syntézy se napájí napětím +15 V.

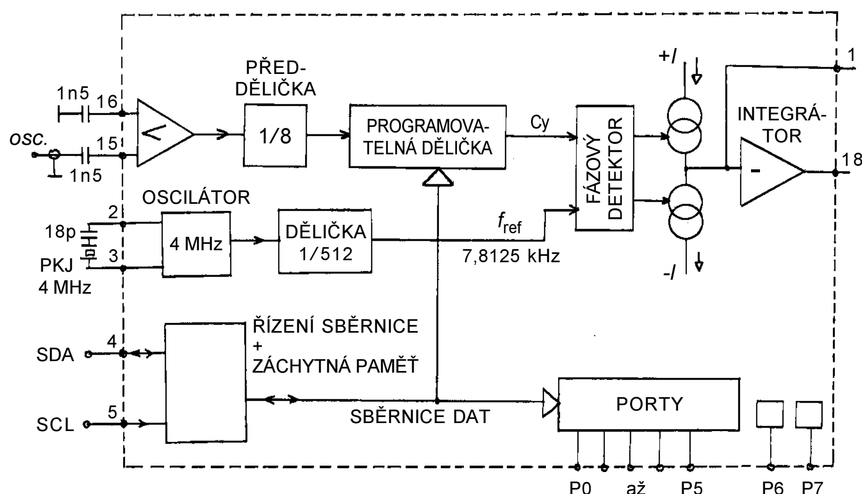
Dělicí poměr programovatelné děličky v IO2 se nastavuje sekvencí sériově přenášených dat po sběrnici I2C. Tato data generuje procesor IO1 typu AT89C51.

Na porty P10 až P17 a P30 až P35 procesoru IO1 jsou připojeny spínače DIP1 až DIP14 a každému portu je programem přiřazen kmitočet (v MHz). Celkový kmitočet, který syntéza na oscilátoru (VCO) naladí, je dán součtem dílčích kmitočtů pro ty spínače DIP, které jsou sepnuty (t.j. příslušný port Pxx procesoru je v úrovni „log 0“). Rozpojený spínač reprezentuje „vypnutý kmitočet“, tj. úroveň „log 1“, a program nastaví v programovatelném děliči syntézy váhu kmitočtu z tohoto portu na nulu. Ve vnitřní struktuře procesoru jsou na portech proudové zdroje, takže u vypínačů nemusí být připojeny pull up rezistory na napájecí sběrnici + 5V.

Sériová sběrnice I2C je vytvořena řídicím programem na portech P36 (= SCL) a P37 (= SDA) procesoru. Rezistory R2 až R5 na sběrnici I2C zajišťují správné logické úrovně.

Procesor je taktován krystalem 12 MHz připojeným k vývodům *18* a *19* IO1, na přesném kmitočtu nezáleží.

Po připojení napájecího napětí se procesor inicializuje (po dobu nabíjení kondenzátoru C16 se generuje signál



Obr. 69. Zjednodušené blokové schéma obvodu TSA5511 nebo SDA3302

Tab. 1. Výpis řídicího programu pro procesor AT89C51 *v modulu frekvenční syntézy - program I2CTVTUN*

0000	E5	90	F4	F5	7E	E5	B0	F4	54	3F	F5	7F	12	00	30	12
0010	01	00	E5	90	F4	B5	7E	E8	E5	B0	F4	54	3F	B5	7F	E0
0020	12	00	30	02	00	12										
0030	78	90	7F	FF	00	00	00	00	DF	FA	00	00	00	D8	F3	22
0100	D2	B7	D2	B6	12	01	40	C2	B7	12	01	40	C2	B6	74	C2
0110	12	01	50	E5	7F	12	01	50	E5	7E	12	01	50	74	8E	00
0120	00	00	00	12	01	50	12	01	40	D2	B7	12	01	40	C2	B7
0130	12	01	40	D2	B6	12	01	40	D2	B7	22					
0140	00	00	00	00	00	00	22									
0150	78	08	33	92	B7	12	01	40	D2	B6	12	01	40	C2	B6	12
0160	01	40	D8	EE	00	00	00	D2	B6	12	01	40	C2	B6	22	FF

RESTART = RST), potom řídicí program přečte nastavení všech spínačů DIP1 až DIP14. Dále procesor vygeneruje na sběrnici I2C adresu obvodu TSA5511 a naladí kmitočet syntezátoru. Pak se komunikace se sběrnicí I2C ukončí, aby nevznikalo zbytečné rušení. Program procesoru nadále pracuje v nekonečné smyčce a neustále čte nastavení spínačů DIP. Když se změní jejich nastavení za provozu, t.j. když chceme přeladit kmitočet syntezátoru, vygeneruje procesor jednorázově novou sekvenci dat na sběrnici I2C pro nové naladění syntezátoru a pak přejde znovu na nekonečnou smyčku čtení stavu spínačů DIP.

Do paměti procesoru je nutné bezchybně zapsat řídicí program, který je uveden v tab. 1. Nemá smysl se programem dále zabývat, lze jej sestavit různými způsoby. Na procesor je možné pohlížet jako na zákaznický obvod, který vykonává výše uvedenou činnost.

Přehledně je celková sekvence přenosu dat po linkách SDA (sériová data) a SCL (taktování posuvu sériových dat) sběrnice I2C znázorněna na obr. 70.

Sekvence začíná podmínkou START, která je definovaná tehdy, když při stavu „log. 1“ na lince SCL přejde stav na lince SDA do stavu „log. 0“. Obvod následně očekává zadání 7 bitů své adresy v prvním bloku a osmý bit, který rozlišuje, zda se bude z obvodu číst nebo do něj zapisovat. Pro zápis do obvodu musí být 8. bit nulový. Adresa obvodu je určena výrobcem. Je-li správně zapsáno těchto osm bitů, přejde při devátém taktovacím impulsu linka SDA do stavu „log. 0“ (tzv. bit „A“ - potvrzení komunikace). Následně mohou být zadány celkem 4 bloky dat po osmi bitech. Po zadání každého osmibitového bloku generuje obvod potvrzení. Komunikace na sběrnici se ukončí tak, že při SCL = = „log. 1“ přejde linka SDA ze stavu „log. 0“ do stavu „log. 1“.Tím se obvod od sběrnice odpojí.

Na obr. 71 je přehledně znázorněn význam bitů v jednotlivých blocích dat přenášených po sběrnici I2C do syntezátoru TSA5511. Řádu N0 programovatelného děliče odpovídá nejmenší krok kmitočtu 62,5 kHz, řád N1 je 125 kHz, řád N2 = 250 kHz, N3 = = 0,5 MHz, N4 = 1 MHz atd. Součet těchto řádů dává nastavený kmitočet syntézy. Zápisem „log. 0“ v prvním bitu ve 2. bloku je definováno, že bude následovat přenos dělicího poměru ve 2. a 3. bloku. Zápisem „log. 1“ na pozici bitu „P“ v prvním řídicím byte (ve 4. bloku) je definována skutečnost, že bude po 4. bloku následovat 5. blok s přenosem dat do portů P7 až P0.

Bit 5i = „log. 1“ zvětší proud nábojového čerpadla na pětinásobek základního proudu I = 50 μA, tj. na I = 250 μA. Tato funkce slouží pro rychlé přeladění fázového závěsu.

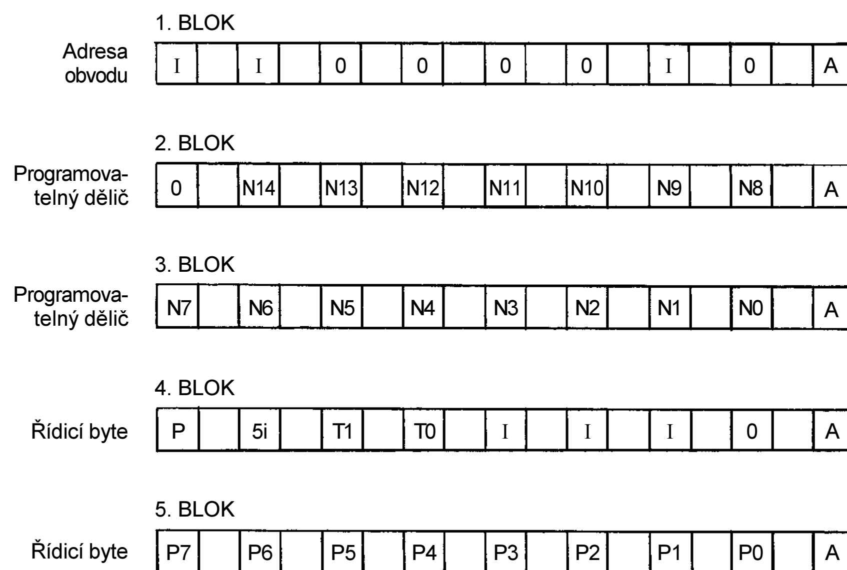
Bit T0 = „log. 1“ odpojí fázový detektor, resp. nastaví jeho výstup do stavu vysoké impedance, bit T1 = „log. 1“ slouží k servisním účelům a propojí výstup signálu Cy na port P7 a f_{ref} na port P6, kde je pak možné přesně měřit kmitočet referenčního oscilátoru.

Komunikaci po sběrnici I2C je možné ukončit po kterémkoliv datovém bloku vysláním podmínky STOP.

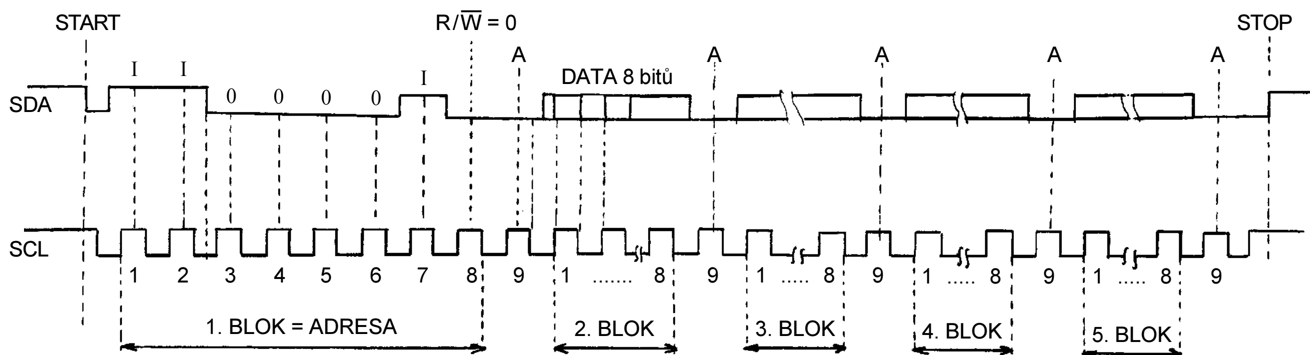
Závěrem připomeňme ještě málo známou skutečnost, že obvody se sběrnicí I2C je možné při experimentování a vývoji konstrukcí ovládat i „ručně“ bez mikroprocesoru.

Připojíme-li na linky SDA a SCL dvě tlačítka ošetřená proti zákmitům hradly s otevřeným kolektorem v zapojení podle obr. 72, pak můžeme postupně vygenerovat příslušnou sekvenci impulsů na sběrnici I2C a připojený IO bude vykonávat zadanou činnost.

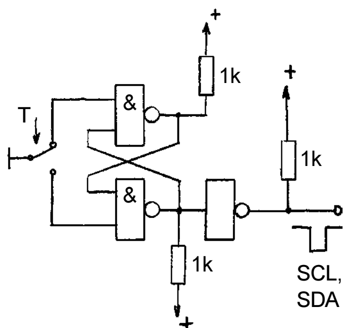
Změnu dat na lince SDA je možné provádět pouze při stavu SCL = „log. 0“, stav dat na lince SDA se zapíše do obvodu náběžnou hranou z „log. 0“ do



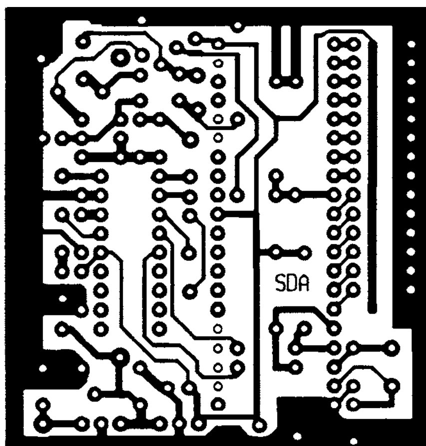
Obr. 71. Význam bitů v jednotlivých blocích dat přenášených po sběrnici I2C



Obr. 70. Přenos dat po linkách SDA a SCL



Obr. 72. Obvod, který umožňuje tlačítkem T generovat signály SCL a SDA



Obr. 73a. Obrazec plošných spojů modulu frekvenční syntézy (měř.: 1 : 1)

„log. 1" taktovacího impulsu na lince SCL. Po vygenerování podmínky STOP zůstane připojený obvod nastaven tak dlouho, dokud neodpojíme jeho napájecí napětí.

6.2. Poznámky ke konstrukci, uvedení do provozu

Modul frekvenční syntézy je zapojen na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 73a, rozmístění součástek na desce je na obr. 73b.

Procesor IO1 musí být zasunut v precizní objímce, neboť pod objímkou jsou na desce umístěny rezistory.

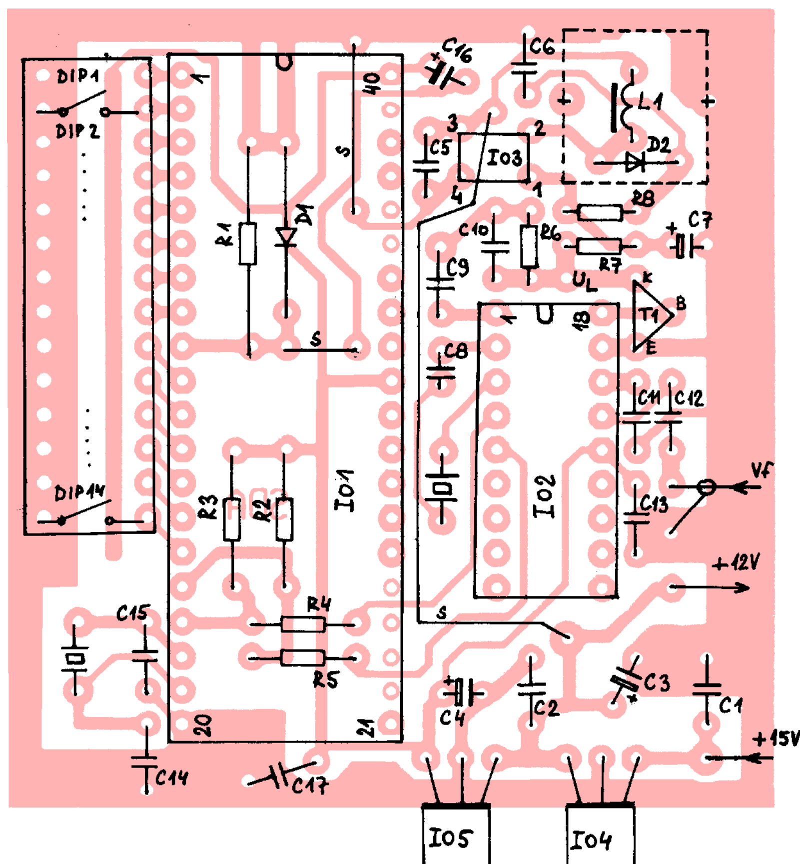
Popsaný modul nemá žádné nastavovací prvky pro uvádění do provozu. Je nezbytné použití bezchybných součástek, protože případná chyba ve stavu, kdy zařízení nefunguje, se hledá obtížně.

Cívka L1 má nasazen hliníkový stínící kryt (z pardubické kostřičky pro vf cívku). Tranzistor T1 musí být typu KC237 nebo KC507 kvůli povolenému napětí U_{bc}, které musí být minimálně 40 V.

Při uvádění do provozu je dobré změřit všechna napájecí napětí a případně úroveň vf napětí od oscilátoru na vývodu *15* IO 2. Pokud nepracuje procesor, kontrolujeme průběh napětí na vývodu *9* IO1 po zapnutí napájecího napětí (v ustáleném stavu musí být na tomto vývodu nízká úroveň). Osciloskopem se sondou je možné zkontrolovat činnost oscilátoru sledováním průběhu na vývodech *18* a *19* IO1 a případně sekvenci I2C, která se objeví na vývodech *17* a *16* IO1 při změně polohy kteréhokoliv ze spínačů DIP.

Připomínám, že nastavený kmitočet musí být schopen připojený oscilátor VCO naladit, tj. ladicí napětí musí být v příslušných mezích a oscilátor musí být schopen kmitočet naladit i bez připojené syntézy.

Další podmínkou správné funkce syntézy je, že oscilátor musí spojitě kmitat v celém rozsahu možných ladicích napětí syntézy (v praxi tedy od nuly až do 33 V) a nesmí při spojité změně ladicího napětí nespojitě přeskakovat na různé kmitočty.



Obr. 73b. Rozmístění součástek na desce modulu frekvenční syntézy (bez měřítka)

6.3. Seznam součástek modulu frekvenční syntézy z obr. 68

rezistory miniaturní 0,4 W (vel. 0204)

R1	8,2 kΩ
R2, R3	2,2 kΩ
R4, R5	220 Ω
R6, R7	22 kΩ
R8	1,2 kΩ

kondenzátory radiální foliové, rozteč vývodů 5 mm

C1, C2, C5, C6	100 nF/63 V
C10	39 nF
C9	180 nF/63 V

keramické kondenzátory Tesla

C17	100 nF (TK 782)
C14, C15	33 pF
C8	18 pF
C13	10 nF/W, rozteč vývodů 5 mm
C11, C12	1,5 nF/W, rozteč vývodů 5 mm

elektrolytické kondenzátory radiální

C3	220 µF/16 V
C4	100 µF/16 V
C7	22 µF/50 V
C16	22 µF/16 V

polovodičové součástky

D1	KA206
D2	KA207
T1	KC237B, C (KC507)
IO1	AT89C51 s programem podle tab. 1
IO2	TSA5511 (SDA3302-x, SDA3202)
IO3	UL1520
IO4	7812
IO5	7805

další součástky

precizní objímka pro procesor IO1

X1	krystal 4 MHz (paralelní rezonance, C_L = 15 až 20 pF)
L1	5,6 mH, radiální tlumivka 09P „Fastron"
X2	krystal 12 MHz, základní rezonance

hliníkový kryt na cívku L1 - viz text

deska s plošnými spoji č. SDA

7. Digitální stupnice s obvody CMOS

Užitečným doplňkem přijímače může být digitální stupnice pro přesné zobrazení přijímaného kmitočtu. Digitální stupnice je ve své podstatě čítač kmitočtu, tj. číslicový měřič kmitočtu oscilátoru. Od běžného čítače kmitočtu se digitální stupnice liší tím, že nezobrazuje skutečný kmitočet oscilátoru, ale od skutečné naměřené hodnoty odečítá pevnou konstantu - mezifrekvenční (mf) kmitočet.

Na stránkách PE byla v minulosti konstrukce digitální stupnice vícekrát popsána, a to jak v provedení s diskrétními IO typu TTL řady 74XX, tak v provedení s využitím mikroprocesorů typu 8748 nebo novějších typů Atmel nebo PIC. S obvody CMOS však zapojení digitální stupnice zřejmě publikováno nebylo....

Někteří čtenáři jistě mohou namítat, že klasická konstrukce digitální stupnice s integrovanými obvody a diskrétními součástkami je nemoderní a složité řešení. Má však jednu nespornou výhodu.Neobsahuje žádnou zákaznickou součástku v podobě nějakého mikroprocesoru, v němž je složitý program, který sestavil konkrétní autor zapojení. Každý zájemce o konstrukci číslicové stupnice s procesorem, která je obvodově i z hlediska počtu součástek jen trochu jednodušší než číslicová stupnice s diskrétními IO, musí zpravidla zakoupit od autora konstrukce hotový naprogramovaný mikroprocesor, jehož cena bývá podstatně vyšší než cena „prázdného µP“. Navíc program je zablokován proti přečtení, takže v případě poruchy procesoru není program k dispozici a od autorů většinou zdrojové programy nebývají publikovány. Cena zákaznického procesoru bývá větší než celková cena CMOS obvodů u klasického řešení. U jakéhokoliv zapojení stejně musí být použita rychlá předdělička a tvarovač impulsů. Zapojení s obvody CMOS a displejem LCD má i tu výhodu, že má velmi malý odběr proudu a při provozu neruší ostatní obvody přijímače.

Dále popisovaná číslicová stupnice je navržena celkem se šestnácti pouzdry obvodů CMOS řady 40XX a je určena pro libovolné přijímače s mf kmitočtem 10,7 MHz. Přijímaný kmitočet je možné zobrazit v rozsahu asi 40 až 199,9 MHz (dolní zaručený kmitočet je 60 MHz), čemuž odpovídá rozsah kmitočtu oscilátoru 50,7 až 210,6 MHz. Kmitočet lze zobrazovat na libovolném displeji LCD, po doplnění příslušných rezistorů je možné použít i zobrazovače LED. Displej není součástí desky a připojuje se plochým vodičem.

Dolní kmitočet by mohl být teoreticky až 0,1 MHz (kmitočet oscilátoru 10,8 MHz), ale použitá rychlá předdělička má zaručený kmitočtový rozsah od 70 MHz. Nejvyšší měřený kmitočet je dán zapojením logických obvodů - viz dále.

7.1. Blokové schéma a základní koncepce zapojení

Blokové schéma digitální stupnice je na obr. 74. Jejím základem je dekadický čítač, na jehož vstup přichází přes hradlo H impulsy o měřeném kmitočtu. Vf signál z oscilátoru přijímače přichází nejprve na rychlou předděličku, která dělí kmitočet oscilátoru poměrem 1/256. Hradlo H je periodicky otevíráno impulsy H se šířkou 25,6 ms. Impulsy H jsou vytvořeny z časové základny v obvodu řídicí logiky. Po dobu otevřeného hradla se čítač inkrementuje (jeho stav se zvětšuje o jedničku) každým příchozím impulsem vstupního signálu.

K čítači je připojena paměť a dekodér pro buzení segmentů zobrazovače. Ovládání hradla, čítače, paměti i dekodérů zajišťují obvody řídicí logiky, které generují signály H, L, PAM a PH.

Po uplynutí doby H je hradlo uzavřeno a řídicí logika vygeneruje jehlový impuls PAM, který zapíše načítaný údaj do paměti. Následně je generován impuls L (předvolba), kterým se čítač vynuluje, resp. nastaví se do stavu 00000 - 01070 = -01070 = +18930 (matematicky je rovnice nesprávná, ale v číslicové technice jde o doplněk čísla). K tomu, aby konečný stav čítače odpovídal kmitočtu přijímanému signálu a nikoliv kmitočtu oscilátoru, který ve skutečnosti měříme, musíme na čítači „nulovacím“ impulsem L přednastavit kmitočet -10,7 MHz (= 189,3 MHz), který se pak od kmitočtu oscilátoru odečte.

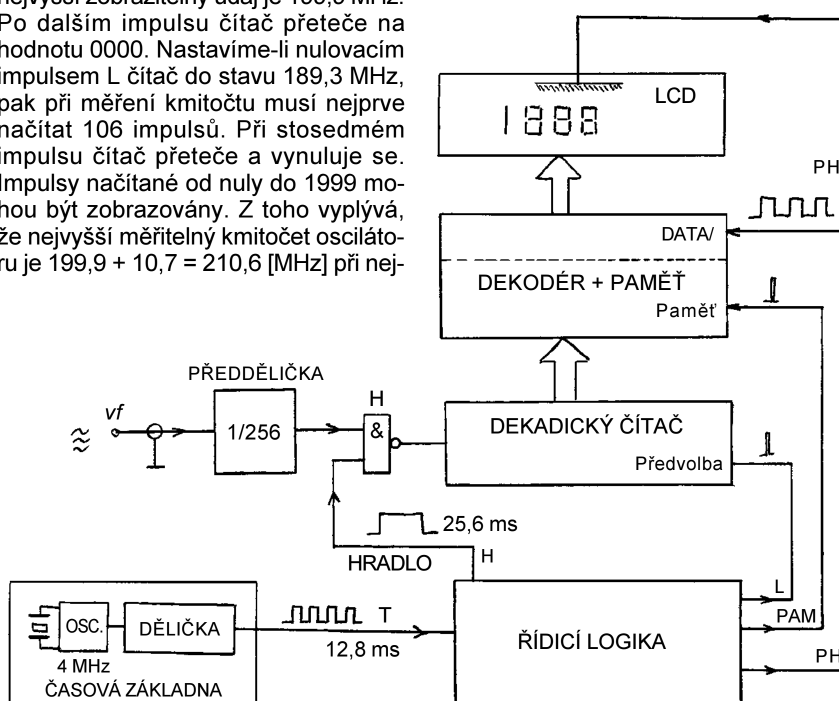
Zobrazení kmitočtu je čtyřmístné, nejvyšší zobrazitelný údaj je 199,9 MHz. Po dalším impulsu čítač přeteče na hodnotu 0000. Nastavíme-li nulovacím impulsem L čítač do stavu 189,3 MHz, pak při měření kmitočtu musí nejprve načítat 106 impulsů. Při stosedmém impulsu čítač přeteče a vynuluje se. Impulsy načítané od nuly do 1999 mohou být zobrazovány. Z toho vyplývá, že nejvyšší měřitelný kmitočet oscilátoru je 199,9 + 10,7 = 210,6 [MHz] při nejvyšším měřitelném kmitočetu vstupního signálu 199,9 MHz. Přednastavením čítače se tak vlastně od kmitočtu oscilátoru „hardwarově“ odečte kmitočet mezifrekvence.

Čítač použitý pro načítání kmitočtu má čtyři celé dekády (pro desítky kHz, desetiny MHz, jednotky MHz a desítky MHz) a klopný obvod se stavy „log. 0“ a „log. 1“ pro řád stovek MHz. Nejnižší řád (tj. desítky kHz) není zobrazován. Tento nejnižší řád je použit proto, aby se odstranila chyba ±1 digit, která je dána zapojením hradla H. Kdyby bylo hradlo připojeno až před čítač stovek kHz, na stupnici by nepříjemně poblikávalo poslední místo a stupnice by nepřesně měřila stovky kHz naladěného kmitočtu.

V dříve uvedeném výkladu bylo uvažováno přednastavení nejnižší dekády na nulu. To by bylo správné, kdyby bylo zobrazení kompletní i s pátým místem desítek kHz. V zapojení se čtyřmi místy zobrazení s nejnižším řádem desítek kHz však vznikne při nulování nezobrazené dekády další chyba, a to chyba „přesnosti zaokrouhlení“ naladěného kmitočtu.

Uvažujme stav, kdy budeme přelaďovat přijímač např. v rozsahu 95,50 až 96,10 MHz. Bude-li skutečné naladění v rozsahu 95,50 až 95,59 MHz, bude stupnice zobrazovat vždy údaj 95,5 MHz, při naladění kmitočtu 96,00 až 96,09 MHz bude zobrazovat 96,0 MHz. Správně by však měla zobrazovat kmitočty 95,50 až 95,54 MHz jako údaj 95,5 MHz a kmitočty 95,56 až 95,60 MHz jako údaj 95,60 MHz a dále kmitočty 95,61 MHz až 95,64 MHz jako údaj 95,60 MHz.

Takové funkce je možné dosáhnout nastavením předvolby při „nulování“ čítače nejnižšího řádu do stavu P = 6. Při



Obr. 74. Blokové schéma digitální stupnice

Obr. 75. Digitální stupnice s obvody CMOS

ladění přijímače bude potom hystereze zobrazení ±1 digit odpovídat okrajovým kmitočtům správného naladění a střed naladění bude odpovídat stabilnímu zobrazení.

Impuls PAM je generován v době, ve které je hradlo uzavřeno a čítače obsahují poslední načítaný stav, tedy platný údaj kmitočtu. Tento údaj je impulsem PAM zapsán do paměti.

Dekodér pro displej dekóduje stav klopných obvodů paměti, takže na displeji je vždy údaj z posledního měřicího cyklu. Doba otevření hradla H = = 25,6 ms odpovídá dělicímu poměru předděličky před hradlem a pětimístnému hlavnímu čítači, takže kmitočet je zobrazován v MHz.

7.2. Popis zapojení

Schéma digitální stupnice je na obr. 75. Vf signál z oscilátoru přijímače o úrovni nejméně 10 mV přichází na rychlou předděličku ECL IO16 typu U813BS (Telefunken). Předdělička funguje až do frekvence asi 1200 MHz. Na vývodu *6* IO16 je vstupní kmitočet vydělen číslem 256. Obvod umožňuje dělit kmitočet čísly 64, 128 a 256. Dělicí poměr se nastavuje napětím na vývodu *5* IO16. Při nezapojeném vývodu *5* je dělicí poměr 1:64, při zavedení napětí +5 V na vývod *5* je dělicí poměr 1:128 a při uzemnění vývodu *5* je dělicí poměr 1:256. Nejvyšší dovolené napájecí napětí na vývodu *8* IO16 je 6 V, v praxi se obvod napájí napětím + 5 V.

Signál z výstupu předděličky má úrovně logiky ECL. Proto se vede přes kondenzátor C10 na bázi tranzistoru T1 (KC148, KSY62 apod.), který funguje jako převodník logických úrovní a zesilovač. Na kolektoru T1 je rozkmit napětí asi 5 V, což je dostatečné pro správnou funkci logických obvodů CMOS. Správný pracovní bod tranzistoru T1 je nastaven rezistory R1, R2 a

R3. Není-li na bázi T1 signál, musí být napětí na kolektoru T1 přibližně v okolí rozhodovací úrovně hradla IO1B.

Signál je dále tvarován hradlem IO1B. Druhé hradlo IO1C tvoří hlavní hradlo H čítače, kterým se připojuje měřený signál na dekadický čítač. Třetí hradlo IO1A funguje jako invertor před taktovacím vstupem čítače IO2 typu 4029 - nejnižší dekády dekadického čítače.

Další tři dekády jsou také tvořeny synchronními obousměrnými čítači typu 4029 (IO3, IO4 a IO5). Dekáda pro čítání stovek MHz je neúplná, pouze jednobitová, a je tvořena klopným obvodem D typu 4013 (IO13B), který je zapojen jako dělič dvěma. Při přetečení čítače IO5 se na jeho výstupu negované CO (*7* IO5) objeví hrana, kterou se překlopí IO13B do stavu Q = „log. 1", což představuje načítání první stovky MHz. Při dalším přetečení IO5 se IO13B opět vynuluje.

Vývody PE čítačů (*1* IO2 až IO5) jsou určeny pro zápis předvolby (resp. pro počáteční přednastavení stavu čítačů), která je dána logickými úrovněmi na vstupech A, B, C a D čítačů (na vývodech *4*, *12*, *13* a *3* IO2 až IO5). Klopný obvod IO13B se přednastavuje pomocí vstupu S (nastavení). Přivedením jehlového impulsu L o vysoké úrovni na vstupy PE a S se do čítačů zapíše počáteční obsah a klopný obvod IO13B se nastaví do stavu Q = „log. 1".

Na výstupy všech čítačů jsou připojeny dekodéry IO10, IO11 a IO12 typu 4543. Tyto obvody obsahují střadač (paměť pro BCD informaci na vstupech A, B, C, D) a dekodér kódu BCD na kód pro zobrazení sedmisegmentovým displejem.

Dekodér dále obsahuje na každém výstupu budiče pro displej, které umožňují signálem PH měnit polaritu, resp. negovat logický stav na výstupech a, b, c až g. Výstupy mohou dodávat proud 10 mA.

Vývody LD dekodérů (*1* IO10 až IO12) slouží k zápisu logického stavu na vstupech A, B, C, D (*5, 3, 2 a 4* IO10 až IO12) do střadače. Dekodér dekóduje stav střadače. Je-li LD = „log. 1", je střadač průchozí, sestupná hrana na vývodu LD uzamkne ve střadači poslední stav vstupů A, B, C, D.

Paměť pro řád stovek MHz je tvořena klopným obvodem IO13A. Má-li být zapsána jedna stovka MHz, pak je na výstupu Q IO13B a na vstupu D IO13A stav „log. 1" a náběžnou hranou signálu PAM na taktovacím vstupu CLK IO13A přepíše „log. 1" na výstup Q IO13A. Je-li výstup obvodu IO13B ve stavu „log. 0", pak se signálem PAM na taktovacím vstupu IO13A obvod IO13A nepřeklopí a stav na jeho výstupu Q je „log. 0".

Buzení znaku „1" na displeji zajišťuje hradlo EXOR IO17B svým výstupem *4* IO17B. Jeden vstup tohoto hradla je buzen signálem PH, druhý je datový.

Na výstupy dekodérů a, b, c až g je možné přímo připojit jakýkoliv sedmisegmentový displej LCD.

Displej LCD musí být napájen střídavým napětím. K vytvoření střídavého napětí na segmentech slouží periodický pravoúhlý signál PH. Signálem PH se mění polarita výstupního signálu dekodéru. Na linku PH je zároveň připojena společná elektroda LCD displeje.

Je-li dekodérem dekódován stav „segment svítí", pak v první polovině periody signálu PH je linka PH v úrovni „log. 1" a na výstupu dekodéru je opačná úroveň „log. 0", takže příslušný segment LCD svítí. V druhé polovině periody signálu PH je linka PH v úrovni „log. 0" a na výstupu dekodéru je opět opačná úroveň, tj. „log. 1", takže segment stále svítí, ale je napájen opačnou polaritou napětí.

Ve stavu, kdy segment nesvítí, jsou po dobu celé periody signálu PH stavy na výstupu dekodéru i na lince PH shodné a na displeji je nulové napětí.

Segmenty displeje LCD, které nemaji svítit, připojíme na linku PH, segmenty, které mají svítit trvale (např. desetinná tečka, písmena „MHz" apod.) spojíme se signálem „negovaný PH" (vývod *10* IO17C).

Časovou základnu tvoří obvody IO15, IO14 a IO9.

IO15 typu 4060 obsahuje taktovací oscilátor a čtrnáctibitovou binární děličku. Oscilátor je krystalový a kmitá na frekvenci 4 MHz (využívá paralelní rezonanci krystalu).

Na vývodu Q9 (*13* IO15) je kmitočet krystalu vydělen číslem 512 na hodnotu f = 7,8125 kHz. Rezistor R9 (2,2 MΩ) nastavuje pracovní bod oscilátoru, rezistor R8 tlumí parazitní kapacity a zamezuje divokým a parazitním oscilacím. Trimrem C6 se přesně dolaďuje kmitočet krystalového oscilátoru.

Kmitočet signálu z výstupu Q9 IO15 je dále dekadicky dělen čítači IO14 a IO9 typu 4029 na hodnotu 78,125 Hz (tj. na periodu T = 12,8 ms). Předvolba čítačů je uvedena do stavu „log. 0", vstup B/Dnon je ve stavu „log. 0" (aby byl čítač dekadický) a vstup U/Dnon je ve stavu „log. 1" (aby čítač čítal nahoru). Čítače reagují na náběžnou hranu signálu na vstupu CLK. Úrovní „log. 1" na vstupu CI by bylo možné čítání zablokovat.

Řídicí logika je vytvořena z obvodů IO7, IO6, IO8 a jednoho hradla IO1D.

Řídicí logika generuje časovou sekvenci přesných impulsů, které jsou znázorněny na obr. 76.

Signálem T je spouštěn klopný obvod IO7B typu 4013, který je zapojen jako dělička dvěma. Z výstupu Qnon IO7B je odebírán signál PH, kterým se budí displej a který se dále zpracovává. První vzestupnou hranou signálu T se překlopí IO7B do stavu Q = „log. 1" a signálem z výstupu Q IO7B se překlopí další klopný obvod IO7A rovněž do stavu Q = „log. 1".

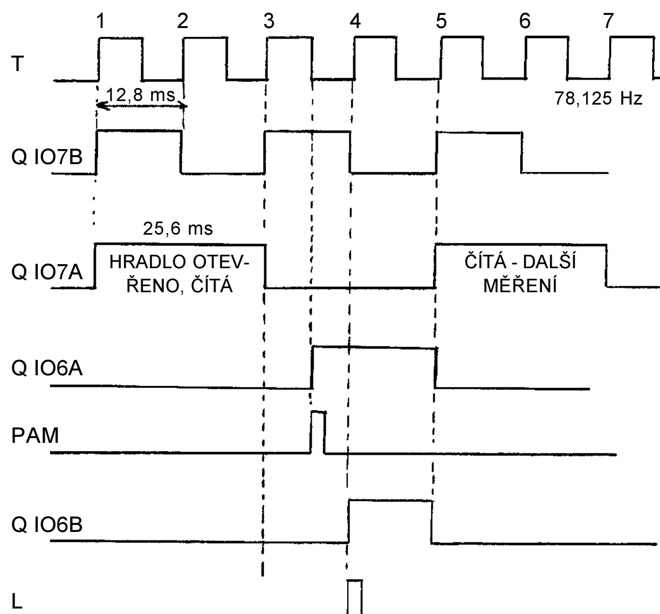
K výstupu Q IO7A je připojeno hradlo IO1C, které je úrovní „log. 1" na svém vstupu *9* IO1C otevřeno, takže impulsy z předděličky přicházejí do dekadického čítače a probíhá fáze čítání.

Druhou vzestupnou hranou signálu T se klopný obvod IO7B vynuluje a na jeho výstupu Q je „log. 0". Hradlo IO1C je stále otevřeno, neboť IO7A se sestupnou hranou na svém taktovacím vstupu CLK (*3* IO7A) nemůže překlopit do „log. 0".

Další překlopení obvodu IO7B je možné až třetí vzestupnou hranou signálu T. Při tom se zároveň vygeneruje vzestupná hrana na vstupu CLK IO7A, kterou se IO7A překlopí do stavu Q = „log. 0" a uzavře hradlo IO1C.

Po dobu, ve které je hradlo IO1C otevřeno, jsou zároveň nulovány klopné obvody IO6A a IO6B. Tyto obvody jsou nulovány asynchronně prostřednictvím svých nulovacích vstupů R (*4* IO6A a *10* IO6B).

Vynulované obvody IO6A a IO6B blokují jakýkoliv zápis do předvolby i do paměti v době, kdy probíhá čítání, bez ohledu na impulsy, které přicházejí na jejich taktovací vstupy CLK. Zároveň je takto zajištěn definovaný výchozí stav



Obr. 76. Průběhy impulsů generovaných řídicí logikou. Impuls PAM přepisuje data z čítače do registrů dekodérů. Impuls L zapisuje do čítače předvolbu, tj. doplněk kmitočtu mezifrekvence

obou obvodů pro vytvoření impulsů „L“ a „PAM“ v pokračování každého měřícího cyklu. Současně toto zapojení zajišťuje správný výchozí stav po prvním měření po připojení zařízení k napájecímu napětí, kdy mohou mít jednotlivé obvody náhodné stavy.

Počáteční nulování obvodů IO7B a IO7A (po zapnutí napájecího napětí) zajišťuje hradlo IO8B s časovacím obvodem se součástkami C1, R5 a D1. Výstup hradla (*4* IO8B) dodává sestupnou hranu až po zapnutí zařízení, resp. až tehdy, když se kondenzátor C1 nabije přes rezistor R5 natolik, že napětí na něm dosáhne rozhodovací úrovně vstupu *6* IO8B.

Vynulované obvody IO7B a IO7A na začátku měření jsou podmínkou pro správnou činnost celé digitální stupnice.

Po třetí vzestupné hraně signálu T je hradlo čítače uzavřeno, na výstupu Q obvodu IO7A je „log. 0“ a úrovně na vstupech S, R i D obou obvodů IO6A i IO6B splňují podmínky pro jejich překlopení. Sestupnou hranou třetího impulsu signálu T je přes hradlo IO8A překlopen obvod IO6A, jeho výstup Q přejde do úrovně „log. 1“ a derivační člen se součástkami C2, R6, D2 a hradly IO1D a IO8C vytvoří na výstupu *10* IO8C krátký impuls PAM. Impulsem PAM se přepíše stav dekadického čítače (výstupů IO3 až IO5 a IO13B) do registrů dekodérů IO10 až IO12.

Vzestupnou hranou čtvrtého impulsu signálu T se vynuluje klopný obvod IO7B, který při tom vygeneruje na svém výstupu Qnon vzestupnou hranu. Touto hranou se překlopí obvod IO6B, jeho výstup Q přejde do stavu „log.1“ a derivační člen se součástkami C3, R7, D3 a hradlem IO8D vytvoří na výstupu 11 IO8D krátký impuls L. Impulsem L se vynulují dekadické čítače IO2 až IO5 a obvod IO13B, resp. se do nich vloží předvolba pro odečtení kmitočtu mezifrekvence.

Pátou vzestupnou hranou signálu T se uvedou výstupy Q IO6A a Q IO6B do výchozího stavu „log. 0“. Znovu se překlopí výstupy IO7B a IO7A do stavu „log. 1“ a začíná další cyklus měření kmitočtu.

Dekodéry IO10 až IO12 a klopný obvod IO13A zobrazují předchozí načítanou hodnotu kmitočtu tak dlouho, dokud nejsou přepsány jejich registry údajem z nového měření.

Jeden měřicí cyklus trvá celkem čtyři celé periody signálu T, trvá tedy 51,2 ms.

Dvě hradla XOR IO17A a IO17D slouží k buzení různých dalších segmentů displeje, které mohou být využity k dalším funkcím. Mohou to být např. symboly pro stereofonní příjem (na vývodu *11* IO17D), nedostatečná úroveň signálu (na vývodu *3* IO17A) apod. Bez těchto hradel XOR není možné jednotlivé segmenty nebo jiné symboly podle typu použitého LCD displeje rozsvěcet nebo zhasínat statickým stejnosměrným napětím.

7.3. Konstrukce a uvedení do provozu

Všechny obvody digitální stupnice jsou umístěny na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 77a, rozmístění součástek na desce je na obr. 77b.

Desku navrhoval autor v dřívější době a motiv byl nakreslen ručně. Proto prosím čtenáře KE, kteří budou stupnici stavět, aby pečlivě prohlédli spoje hotové desky a odstranili případné zkraty mezi některými spoji. Zapojení většího množství číslicových obvodů je vždy poněkud složitější, přesto je deska jednostranná za cenu několika drátových propojek. Všechny propojky osadíme nejdříve, neboť některé jsou umístěny pod pouzdry integrovaných obvodů. Integrované obvody do desky zapájíme bez použití objímek. Obyčejné objímky jsou nespolehlivé a mohly by způsobit potíže při oživování, precizní objímky by byly zřejmě dražší než běžné integrované obvody CMOS.

Spoje, které nejsou osazeny součástkami, sloužily pro obvod restartu dekodéru RDS z diskrétních součástek a v této konstrukci nemají další význam a jsou nevyužity.

Zapojení digitální stupnice je určeno pro displej LCD. Je možné použít buď čtyři jednomístné znakovky, např. DR 401, nebo je možné použít třiapůlmístný displej např. typu 4DR 821, 822, 823 apod. Autor v konstrukci použil třiapůlmístný displej s výškou číslic asi 8 mm, desetinnou tečkou a znaky kHz, MHz, stereo a trojúhelníček, který se používal v některých čs. radiomagnetofonech.

Jak již bylo řečeno dříve, displej LCD se napájí střídavým napětím. Napětí 5 V, kterým se obvykle napájí číslicové obvody, je však pro většinu LCD znakovek nedostatečné. Proto je napájení číslicové části rozděleno na dvě části s napájecími napětími +5 V a +10 V. Napětí +5 V je zapotřebí pro ECL předděličku IO16. Ostatní obvody CMOS je možné napájet ss napětím v rozmezí 5 až 15 V - v popisované konstrukci vyhovuje pro část CMOS napětí asi 9 až 12 V.

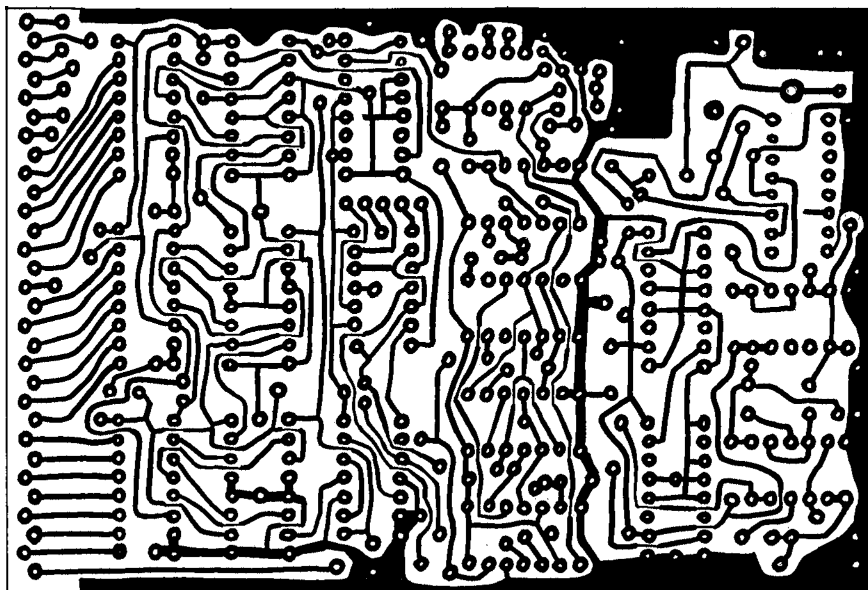
Pokud bychom chtěli použít displej ze svítivých diod LED, je to možné za předpokladu, že mezi dekodéry a displej vřadíme srážecí rezistory o odporu 100 až 330 Ω podle typu displeje, přerušíme signál PH u dekodérů a vstupy PH nastavíme do stavu „log. 1“ pro displej se společnou anodou nebo do stavu „log. 0“ pro displej se společnou katodou. Odběr jednotlivých segmentů nesmí být větší než asi 10 mA. V tomto případě napájíme všechny obvody digitální stupnice napětím +5 V.

Celou digitální stupnici umístíme do plechové krabičky s odnímatelným víčkem dole i nahoře. Krabička může být z ocelového pocínovaného plechu o tloušťce 0,3 až 0,5 mm, který ohneme do tvaru písmene U. Výšku boků krabičky volíme podle typu použitého displeje. Pro LCD 4DR 82X může být výška krabičky asi 35 až 40 mm. Displej umístíme na samostatnou destičku, která tvoří přední bok takto sestaveného modulu. Destičku k zahnutým okrajům plechového rámu U vpředu přišroubujeme čtyřmi šroubky M3.

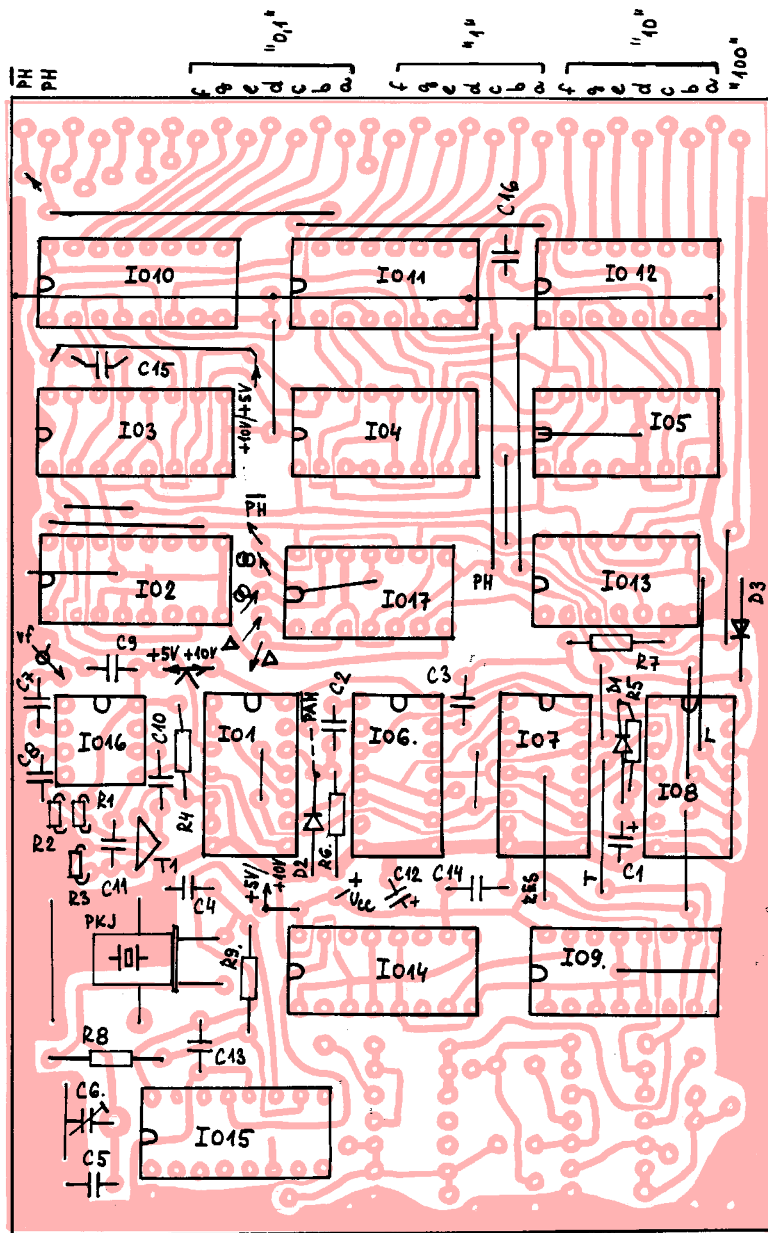
Displej je propojen s deskou číslicové části plochým kabelem, napájecí napětí číslicových obvodů je provedeno přes průchodkový kondenzátor.

Vf signál přivedeme do modulu přes bezkapacitní průchodku stíněným kabelem až přímo k předěličce IO16. Jmenovitá impedance vstupu IO16 je 50 Ω. Orientační výkres sestavy modulu je na obr. 78. Desku číslicové části podle potřeby po okrajích přibrousíme a po obvodu zapájíme do krabičky.

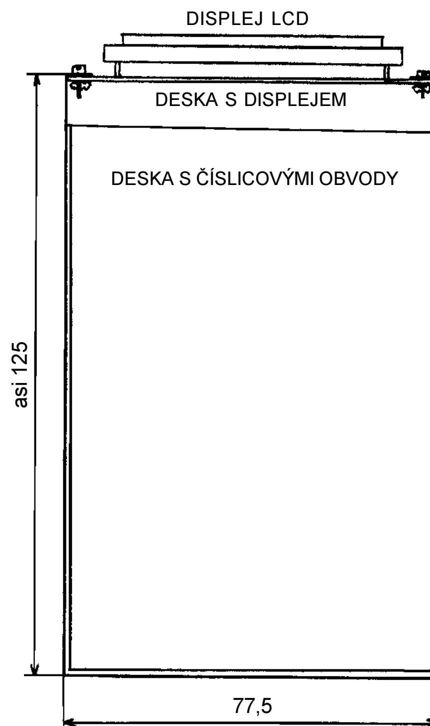
Před oživováním modulu zkontrolujeme správné osazení všech IO a celkové zapojení a místo rezistoru R1 provizorně připojíme trimr o odporu 100 kΩ



Obr. 77a. Obrazec plošných spojů digitální stupnice (měř.: 1 : 1)



Obr. 77b. Rozmístění součástek na desce digitální stupnice (bez měřítka)



Obr. 78. Náčrtek konstrukčního řešení digitální stupnice

spojený do serie s pevným rezistorem o odporu asi 10 kΩ. Na vstup obvodu IO16 připojíme signál o známém kmitočtu z generátoru (např. 100,000 MHz) a na výstup *4* IO1B připojíme osciloskop se sondou 1:10. Připojíme napájecí napětí. Sledujeme průběh impulsů na výstupu IO1B a trimrem 100 kΩ nastavíme střídu impulsů přibližně 1:1. Změnou odporu trimru najdeme mezní hodnoty odporu rezistoru R1, při jejichž překročení přestává tvarovač s T1 plnit svoji funkci. Optimální odpor rezistoru R1 bude někde uprostřed tak, aby tvarovač spolehlivě i při změnách vstupního kmitočtu pracoval. Odpor kombinace trimru a rezistoru s ním zapojeného do série změříme a na pozici R1 osadíme pevný rezistor s tímto odporem. Displej by měl nyní ukazovat kmitočet vstupního signálu zvětšený o 10,7 MHz.

Pokud se liší poslední místo, pak je chybný kmitočet časové základny. Měříme přesnějším čítačem periodu na výstupu *7* IO9, má být přesně 12,800 ms. Kmitočet časové základny je možné přesně nastavit změnou kapacity trimru C6. Krystal 4 MHz má být broušený na paralelní rezonanci se zatěžovací kapacitou asi 20 pF.

Pokud zařízení nefunguje, pak je třeba kontrolovat osciloskopem jednotlivé průběhy časové základny, logické stavy na vstupech předvolby a paměti atd. a činnost všech obvodů podle dříve uvedeného popisu.

Jestliže nekmitá oscilátor s IO15, pak může mít použitý krystal zvětšený ztrátový odpor ESR. V takovém případě vyzkoušíme jiný krystal nebo zmenšíme odpor rezistoru R8 až na velikost asi 100 Ω, aby oscilátor spolehlivě nasazoval i při zmenšeném napájecím napětí pro IO15.

Jestliže je vše v pořádku, pak není závadou to, že bez vstupního signálu IO16 samovolně kmitá. Po připojení dostatečně silného vstupního signálu zákmity zaniknou a IO normálně plní funkci předděličky.

Pokud vyřadíme z funkce tvarovač s T1 (např. uzemněním kolektoru T1), měl by být na displeji údaj 189,3 MHz, tj. hodnota přednastavení čítače.

7.4. Seznam součástek digitální stupnice z obr. 75

rezistory - miniaturní TR212 nebo TR191

R1	56 kΩ, viz text
R2	6,8 kΩ
R3	82 Ω
R4	1,2 kΩ
R5	10 kΩ
R6, R7	27 kΩ
R8	1 kΩ, viz text
R9	2,2 MΩ

kondenzátory keramické

C11, C12, C13, C14, C15, C16	100 nF, TK 782
C7, C8, C3, C2	1,5 nF, TK 725, 745, TK 724 apod.
C9	15 nF/W, TK 744
C10	47 nF, TK 782
C4	47 pF, TK 754, TK 774, TK 794, TK 755, TK 775
C5	27 pF, TK 754, TK 774, TK 794, TK 755, TK 775
C6	25 pF, kapacitní trimr, např. WN 704 24

kondenzátory elektrolytické radiální

C1	100 µF/16 V
C2	220 µF/16 V

polovodičové součástky

D1, D2, D3	KA206 (1N4148)
T1	KC238 (KSY62B apod.)
IO1	4011
IO2, IO3, IO4, IO5, IO9, IO14	4029
IO6, IO7, IO13	4013

IO8 , IO17	4030
IO10, IO11, IO12	4543
IO15	4060
IO16	U813BS

ostatní součástky

PKJ	krystal 4 MHz

displej LCD třiapůlmístný
deska s plošnými spoji podle obr. 77a
montážní krabice z Fe plechu - viz text
spojovací vodiče atd.

8. Vf a mf obvody s elektronkami

8.1. Úvod

Na stránkách PE se v poslední době objevilo několik zapojení nf zesilovačů pro věrný přednes, které byly osazené elektronkami. V tomto čísle Konstrukční elektroniky PE se naopak budeme zabývat použitím nejběžnějších typů elektronek v obvodech vysokofrekvenčních.

S potřebným výkladem jsou uvedena některá snadno realizovatelná zapojení vf zesilovačů, oscilátorů a mf zesilovačů. Je řada čtenářů , konstruktérů a rádioamatérů, kteří mají různé elektronky uloženy ve svých šuplíkových zásobách a patrně autor nebude daleko od pravdy s tvrzením, že mladší ročníky již nedisponují potřebnými znalostmi, jak nějakou elektronku do obvodu, který by i prakticky fungoval, zapojit.

Proto jsou dále velmi stručně uvedena základní zapojení triody a pentody a ss VA charakteristiky.

Elektronky malého výkonu, ať už se jedná o běžné elektronky pro nf použití v nf nebo impulsních obvodech (TV technika) nebo tzv. elektronky přijímací (tj. běžné vf a nf triody a pentody s výkonem do 10 W pro využití v oblasti kmitočtů od přibližně 0,1 do 250 MHz), mají již dobu svojí slávy za sebou.

U nás byly elektronky ve spotřební elektronice používány od předválečných let (zhruba od roku 1930) zejména v radiopřijímačích, od 50. let i v televizorech jako jediný existující aktivní prvek. Za druhé světové války byly elektronky v nejrůznějším speciálním provedení základní součástkou pozemních i leteckých radiostanic a radiolokátorů.

Éra komerčních „obyčejných" elektronek v Československu skončila asi v 70 . letech, kdy byly vyráběny poslední modely elektronkových radiopřijímačů (např. RP Stereodirigent). Nejdéle vydržely elektronky v koncových stupních řádkového rozkladu v televizorech (Dukla a Color Fatra), a to do začátku 80. let, kdy byly konečně k dispozici tranzistory i do vysokonapěťových výkonových obvodů (např. tranzistor BU208 nahradil výkonovou vysokonapěťovou pentodu PL500 až v řádkovém rozkladu televizoru Olympia).

Dnes se používají elektronky pouze pro speciální a profesionální konstrukce zejména ve vysílačích. Pro příklad uveďme permaktrony (elektronky s postupnou vlnou pro zesilování mikrovlnných kmitočtů), různé výkonové tetrody s anodovým výkonem až několik set kW např. pro středovlnné vysílače a klystrony s výkony desítek kW pro VHF a UHF televizní a rozhlasové vysílače. V radarech a mikrovlnných troubách stále nachází využití výkonové reflexní klystrony a magnetrony jako oscilátory velkého výkonu od několika kW až do MW.

8.2 Přijímací elektronky nf a vf a jejich označení

Mezi přijímací elektronky můžeme zařadit velkou skupinu elektronek malého výkonu (jednotky W), které jsou prvotně určeny do přijímačů a nf zesilovačů. V Evropě bylo od třicátých let vyrobeno několik set nejrůznějších typů.

Dále se budeme zabývat je využitím modernějších novalových typů miniaturních elektronek.

Mezi nejběžnější typy patří vf triody pro vf, VKV a nf předzesilovače a oscilátory (např. ECC85, PCC88, ECC82, ECC83), dále pentody pro nf a mf předzesilovací stupně (např. EF86, EF80, EBF89, EF183 atd.) a pentody pro koncové nf zesilovače s výkonem zhruba do 15 W (např. EL82, EL84, ECL86, PCL82 atd.). Pro směšovače AM rozsahů se používá heptoda jako multiplikativní směšovač (např. ECH81). Typovou řadu novalových elektronek doplňují detekční diody (např. EAA91, EBF89, PABC80) a usměrňovací diody pro síťové napájecí zdroje (EY82, EZ80, EZ81). Do televizorů dále existují jednoúčelové typy - elektronky pro impulsní a vysokonapěťové obvody řádkového a snímkového rozkladu (PL500, PY88, DY86, PCL805).

Naprostá většina přijímacích elektronek používaných v Evropě má jednotné značení, které se skládá z písmen a číslic.

První písmeno typového znaku vždy udává způsob žhavení, resp. žhavicí napětí nebo žhavicí proud. Jsou to tato písmena:

A - paralelní žhavení 4 V.

D - žhavicí napětí 1,4 nebo 1,2 V (např. bateriové elektronky).

E - obecně paralelní žhavení 6,3 V, některé typy jsou pro sériové i paralelní žhavení 6,3 V/0,3 A.

P - sériové žhavení proudem 0,3 A.

U - sériové žhavení proudem 0,1 A.

Existují i jiná žhavicí napětí, takové elektronky se však běžně nepoužívaly.

Je-li na prvním místě typového znaku číslice, pak udává žhavicí napětí (např. 6F31, 35L31 atd.).

Další písmena typového kódu vždy udávají elektrodový systém:

A - dioda obecná, např. pro detektory.

B - dvojitá dioda, např. pro detekci apod.

C - trioda.

D - koncová trioda.

E - tetroda.

F - pentoda, všechny druhy vyjma koncových pentod.

H - heptoda.

L - koncová pentoda nebo tetroda.

M - elektronický indikátor (magické oko).

X - usměrňovací elektronka plněná plynem.

Y - jednocestný vakuový usměrňovač (např. pro síťové zdroje).

Z - dvoucestný vakuový usměrňovač (např. pro síťové zdroje EZ81, AZ11).

Je-li písmen více, pak to značí, že v jedné baňce je více systémů - jsou to tzv. sdružené elektronky. Např. PABC80 má patici noval, sériové žhavení 0,3 A a obsahuje diodu, dvojitou diodu a triodu.

Dále v typovém znaku následují číslice, které udávají typ patice a konkrétní typ elektronky pro určité použití.

Uveďme nejběžnější typy, se kterými se můžeme v praxi setkat:

1 až 10 - různé patice starších typů elektronek, např. lamelové (AZ4), nožičkové apod.

11 až 15 - patice T, (EM11, AZ11).

16 až 19 - patice P (oktal).

20 až 29 - patice loktal (EF22, EBL21, ECH21 atd.).

30 až 39 - patice americký oktal K8/18 (např. EL34).

80 až 89 - nejvíce rozšířené novalové elektronky, patice je skleněná, devět kolíčků vychází přímo z baňky elektronky (EF80, ECC85 atd.).

90 až 99 - patice heptal se sedmi kolíčky, které přímo vycházejí ze skleněné baňky (např. EAA91).

180 až 189 - totéž jako 80 až 89, označení dalších nových typů novalových elektronek (EF183, EF184).

200 - patice dekal s deseti kolíčky, které přímo vycházejí ze skleněné baňky (PCH200 v posledních typech televizorů).

500 - patice magnoval (velká novalová patice, např. PL500).

800 - totéž jako řada 80, další nové typy novalových elektronek (ECC803, PCL 805 atd.).

Je-li poslední číselný znak vložen mezi první písmeno udávající způsob žhavení a další písmena udávající elektrodový systém, pak se jedná o speciálně upravené elektronky s dlouhou životností, otřesuvzdorné, s minimalizovanými výrobními tolerancemi apod. (např. E88CC, E180F).

8.3. Základní zapojení triody a pentody

Za dobu používaní elektronek bylo napsáno nepřeberné množství literatury týkající se zapojení obvodů s elektronkami.

Teorie těchto obvodů byla dopodrobna rozpracována včetně výpočtů všech parametrů pro různá nf i vf zapojení.

Zde jsou dále shrnuty jen základní poznatky nezbytné pro jakoukoliv práci s elektronkami. V konkrétních praktických konstrukcích z VKV techniky jsou pak používány jen běžné typy z nejmodernějších elektronek s novalovou paticí (řada 80).

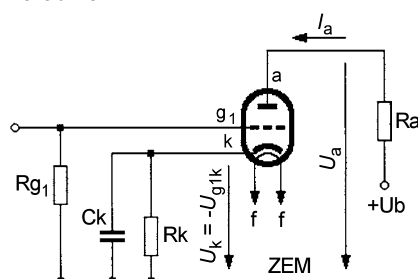
Na obr. 79 je nakresleno základní zapojení triody v obecném zesilovači. Na anodu je přivedeno kladné napětí +Ub řádu stovek voltů přes anodový pracovní odpor Ra. Katoda je uzemněna přes odpor Rk, který je pro střídavý signál zablokován kapacitou Ck. Průchodem proudu vzniká na odporu Rk napětí řádu jednotek voltů, které vytváří záporné mřížkové předpětí $U_k = -U_{g1k}$, které je na mřížku přivedeno přes odpor Rg1 řádu stovek kΩ.

U elektronek (na rozdíl od tranzistorů) platí, že při nulovém napětí mezi mřížkou a katodou teče elektronkou maximální proud. K tomu, aby elektronka mohla správně pracovat v lineární části charakteristiky, je nezbytné právě mřížkové předpětí, tedy záporné napětí na mřížce vůči katodě, které elektronku uzavírá. Při určité velikosti záporného napětí na mřížce se elektronka úplně uzavře a anodový proud neteče.

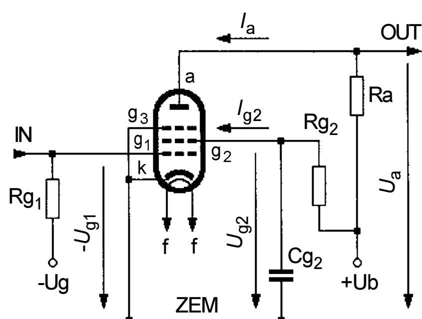
Zapojení na obr. 79 proud triodou (resp. její pracovní bod) zároveň stabilizuje. Zvětší-li se anodový (resp. katodový) proud, zvětší se napětí $U_k = -U_{g1k}$ a trioda se přivře.

Mřížkové předpětí může být zavedeno ze samostatného zdroje, viz obr. 80. Samostatný zdroj mřížkového předpětí se používá např. v koncových nf stupních pracujících ve třídě B, kde je v klidovém stavu elektronka téměř uzavřena velkým záporným napětím na mřížce a teče jí jen malý anodový proud.

Anodové voltampérové (VA) charakteristiky typické přijímací triody jsou na obr. 81.



Obr. 79. Základní zapojení triody v obecném zesilovači



Obr. 80. Pentodový zesilovač

Na obr. 80 je zakreslen pentodový zesilovač. Pentoda má pět elektrod: katodu k, řídicí mřížku g_1, stínicí mřížku g_2, brzdicí mřížku g_3 a anodu a. Žhavení je označeno písmeny f.

Řídicí mřížka slouží jako vstupní elektroda, na kterou se zavádí užitečný signál určený k zesílení. Na stínicí mřížku se vždy zavádí přes odpor Rg_2 kladné napětí U_{g2} (až do velikosti anodového napětí U_a). Velikostí napětí U_{g2} je možné ovlivňovat provozní i celkový anodový proud, resp. strmost, a tím i zesílení elektronky. Stínící mřížka odebírá ze zdroje proud I_{g2}.

V pentodě je ještě brzdící mřížka g_3, která slouží ke zbrždění elektronů přilétajících od katody směrem k anodě, a spolu se stínicí mřížkou g_2 omezuje vliv anody na řídicí mřížku. Brzdicí mřížka také ve vhodném zapojení může eliminovat kapacitu mezi anodou a řídicí mřížkou, která by jinak působila nežádoucí zpětný přenos signálu z anody na řídicí mřížku. Mřížka g_3 se obvykle spojuje s katodou.

Kapacita Cg_2 na obr. 80 svádí střídavý signál ze stínicí mřížky do země, takže kapacita Cag_2 se přičítá k výstupní celkové anodové kapacitě Ca a kapacita Cg_1g_2 se přičítá k celkové vstupní kapacitě mřížky g_1.

V běžných elektronkových nf i vf zesilovačích teče jen zanedbatelně malý proud mřížky g_1, a proto vstupní odpor elektronek je velmi vysoký - až do řádu MΩ.

Anodový proud vf a mf triod i pentod nepřevyšuje v běžném provozu asi 12 mA (EF80, PCC88), anodové napětí novalových elektronek se pohybuje v rozmezí 100 až 200 V. Koncové nf pentody jsou konstruovány pro anodový proud asi 40 mA a anodové napětí asi 250 V (EL84).

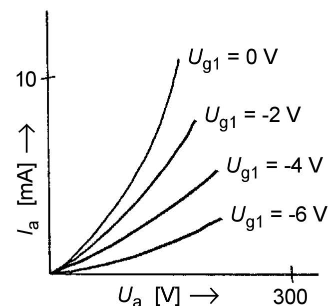
Anodové VA charakteristiky typické přijímací pentody jsou na obr. 82 (pro konstantní napětí U_{g2} = 220 V).

8.4. Zásady pro práci s elektronkami

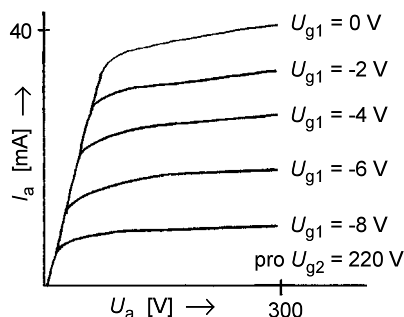
Elektronky nesmíme mechanicky namáhat. Kolíčky patice novalových elektronek jsou zataveny přímo v jejich baňce. Objímka pro elektronky musí být přesná, aby se baňka elektronky při vložení do objímky nijak mechanicky nenamáhala.

V klasickém elektronkovém přístroji nejsou součástky umístěny na desce s plošnými spoji, ale na kovovém chassis (čti šasi). Chassis je obvykle spojené se zemí přístroje a slouží k jejímu rozvodu a ke stínění obvodů.

Pro běžné konstrukce je vhodné chassis z hliníkového plechu o tloušťce asi 1 až 2 mm. Plech ohneme do tvaru písmene U, vyvrtáme otvory pro pertinaxové nebo keramické objímky elektronek. Objímky do chassis přinýtujeme nebo přišroubujeme šroubky M3 s maticí. Podle volby rozmístění konkrétních součástek přichytíme na chassis mf transformátory a cívková tělíska. Zemnicí spoje vedeme co nejkratší cestou přímo na chassis, se kterým je spojíme pájecími očky (přinýtovanými nebo přišroubovanými k chassis). Jednotlivé drobné součástky (rezistory a kondenzátory) a vodiče připojíme přímo na pérové vývody objímek nebo je připájíme na pertinaxové lišty s pájecími očky. Výkonové rezistory v obvodech anod a stínicích mřížkách umístíme co nejdále od laděných obvodů, aby je ohřevem nerozlaďovaly.



Obr. 81. Anodové VA charakteristiky triody



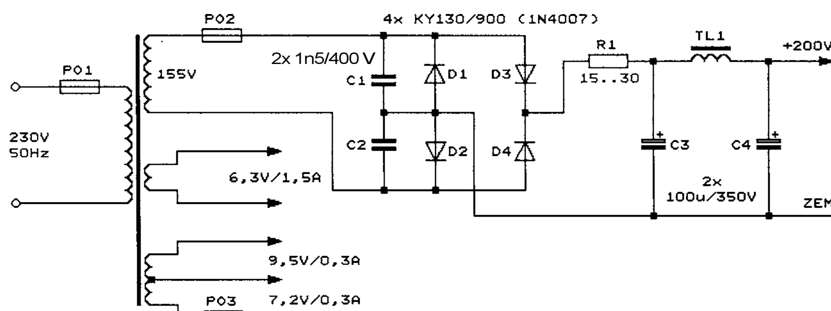
Obr. 82. Anodové VA charakteristiky pentody

Blokovací a vazební kondenzátory v obvodech napájecího napětí, anod a stínicích mřížek je nezbytné dimenzovat na maximální napětí anodového zdroje naprázdno, tj. ve stavu při nevyžhavených elektronkách. Za studena je na anodách a stínicích mřížkách většinou plné napájecí napětí, které po vyžhavení klesne díky průtoku proudu elektronkami na provozní velikosti.

Napájecí zdroje elektronkových zařízení realizujeme jako nestabilizované se síťovým transformátorem.

Pro práci s elektronkami potřebujeme zdroj střídavého žhavicího napětí, které má pro řadu E velikost U_f = 6,3 V. Pro VKV aplikace budou dostupnější elektronky řady P (PCC84, PCC88, PCF82) - pak je třeba žhavicí vlákna všech použitých sériových elektronek spojit do série a připojit na samostatné vinutí transformátoru. Napětí tohoto vinutí musí odpovídat součtu žhavicích napětí sériových elektronek (žhavicí napětí elektornek vyhledáme v katalogu). Pokud je žhavicí napětí z transformátoru příliš velké, doplníme vlákna sériovým rezistorem. Pro žhavení různých elektronek řady P a pro experimentování s nimi je vhodné vyvést na žhavicím vinutí transformátoru několik odboček.

Při paralelním žhavení nikdy nevkládáme do žhavicího obvodu pojistku, pa-



Obr. 83. Jednoduchý napájecí zdroj pro přístroj s elektronkami. Napětí 6,3 V je určeno pro paralelní žhavení elektronek, napětí 9,5 a 7,2 V je pro sériové žhavení elektronek PCC84, PCC88, PCF82 apod.

ralelní žhavení má velký odběr proudu a případný zkrat spolehlivě přeruší správně dimenzovanou pojistku v primárním vinutí síťového transformátoru.

Obvod sériového žhavení můžeme jistit pojistkou T 400 mA. Celkový proud je možné upravit vložením rezistoru o odporu několik jednotek až desítek Ω do žhavicího řetězce.

Žhavicí napětí, resp. proud, je třeba co nejpřesněji dodržet. Žhavení by mělo být v toleranci max. 5 % od jmenovité hodnoty při jmenovité velikosti síťového napěti na primárním vinutí síťového transformátoru. Případné kolísání síťového napětí sice způsobí změny napětí a proudů na sekundárních žhavicích vinutích transformátoru, ale poškození nebo chybná funkce elektronek nehrozí.

Pro napájení novalových elektronek pro vf obvody dále potřebujeme zdroj anodového napětí asi 180 až 200 V. Pro běžné aplikace a pokusy s několika elektronkami vystačíme s maximálním proudem asi do 200 mA. Sekundární střídavé napětí usměrníme buď můstkovým usměrňovačem s křemíkovými diodami nebo použijeme dvoucestné zapojení s elektronkou EZ 80 nebo EZ81 a usměrněné napětí vyfiltrujeme dvěma elektrolytickými kondenzátory 100 μF/350 V a tlumivkou s indukčností asi 2 až 5 H.

Zdroj anodového napětí jistíme pojistkou, aby se při náhodném zkratu nezničilo sekundární vinutí síťového transformátoru nebo neshořely některé rezistory apod. v zařízení. Pojistku osadíme do bakelitového držáku Remos, abychom ji podle potřeby při uvádění a slaďování mohli za provozu vyšroubovat a vypnout tak pouze anodové napětí elektronek, přičemž elektronky zůstanou nažhavené.

Příklad zapojení jednoduchého napájecího zdroje navrženého podle uvedených zásad je na obr. 83

Provozní napětí na anodách a stínicích mřížkách (včetně předpětí řídicích mřížek) snese toleranci do 20 % od předepsané hodnoty v katalogu. V katalogu elektronek je obvykle uveden doporučený pracovní bod pro konkrétní aplikaci toho kterého typu elektronky a jsou tam uvedeny i odpory příslušných rezistorů Ra, Rk, Rg_2, Rg_1 atd.

Podrobnější zásady pro aplikaci elektronek a pokyny pro stavbu budou uvedeny dále v konstrukční části.

8.5. Vf zesilovače pro VKV

Na obr. 84 je uvedené schéma zapojení předzesilovače s jednou triodou typu ECC 85 v zapojení se společnou mřížkou. Dvojitá trioda ECC85 byla speciálně vyvinuta pro vf zesilovač se společnou mřížkou, druhá polovina systému se používala pro kmitající směšovače.

Signál z antény přichází na vstupní anténní obvod TR. V podstatě je to rezonanční obvod se součástkami L2 a C1 naladěný na střed přijímaného pásma s vf vazbou na anténní dipól 300 Ω prostřednictvím vazební cívky L1. Vstupní impedance elektronky v zapojení se společnou mřížkou je malá, asi 200 až 300 Ω, takže převod impedance mezi anténou a katodou elektronky je přibližně 1 : 1. Rezonance obvodu L2, C1 je proto značně tlumena a naladění je velmi ploché. Rezistor R1 vytváří ss mřížkové předpětí a pro vf signál je přemostěn kapacitou *C2* = 1 nF.

V anodě je rezonanční obvod L3, C3. Výstupní odpor v anodě je velký. Rezonance anodového obvodu se přelaďuje otočným kondenzátorem C3. Studený konec L3 je blokován pro vf signál průchodkovým kondenzátorem C4, anodové napětí je přivedeno přes rezistor R2.

Vstupní a výstupní obvody musí být od sebe dobře odstíněny přepážkou.

Ve vstupních jednotkách všech čs. přijímačů bylo ladění kmitočtu v pásmu 66 až 73 MHz (pásmo OIRT) realizováno změnou indukčnosti cívky a kondenzátor C3 byl pevný s dolaďovacím trimrem.

Doporučený anodový proud je I_a = = 10 mA, elektronka ECC85 spolehlivě funguje v rozmezí anodového napětí asi 180 až 230 V. Správnou velikost anodového proudu nastavíme změnou odporu *R1*.

Zesilovač je stabilní. Šumové číslo takového zesilovače se pohybuje v hodnotách 7 až 10 dB na kmitočtech okolo 100 MHz, zisk do 15 dB.

Jiný typ širokopásmového vstupního obvodu pro triodu ECC 85 je zakreslen na obr. 85.

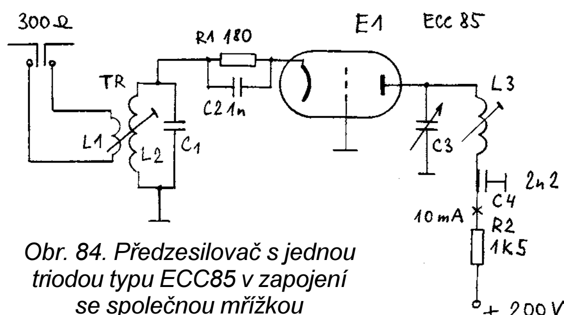
Signál od symetrického anténního vstupu je připojen na symetrizační člen na dvouděrovém feritovém jádře. Nesymetrický vstupní signál je přizpůsoben k elektronce kondenzátorem C1 a cívkou L1. Další funkce zesilovače je stejná jako v zapojení z obr. 84.

Na obr. 86a je schéma kvalitního zesilovače se dvěma triodami typu PCC84 nebo PCC88 v tzv. kaskádním zapojení. Oba zmíněné typy elektronek byly speciálně vyrobeny pro toto zapojení a pracují při anodovém napětí U_a = = 90 V. Kaskádní zapojení se používalo výlučně jako vf předzesilovač v kanálových voličích TV přijímačů pro VHF pásmo až do kmitočtu 230 MHz.

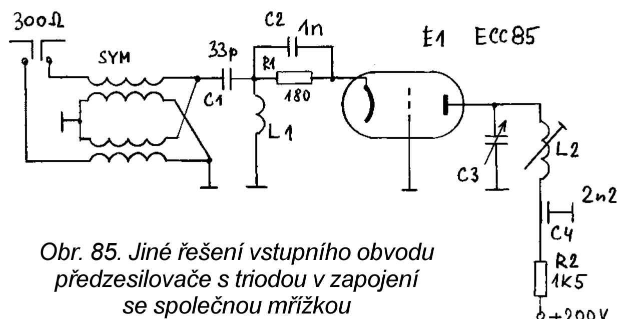
První trioda E1a pracuje v zapojení se společnou katodou, takže její vstupní impedance je relativně velká (u PCC84 asi 10 kΩ, u PCC88 asi 1,5 až 3 kΩ).

Druhá trioda E1b pracuje v zapojení se společnou mřížkou.

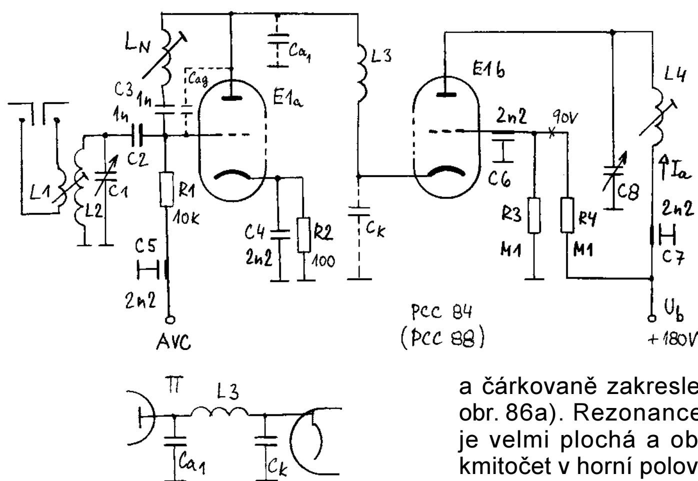
Stejnosměrně jsou obě triody v sérii, na každé z nich je přibližně polovina napájecího napětí U_b. Mřížkové předpětí první triody E1a se přivádí přes rezistor R1 a je určeno napětím AVC přivedeným na kondenzátor C5 z detektoru nebo z omezovače v mf zesilovači. Na mřížce druhé triody E1b je pevné napětí 90 V z děliče R4, R3. Průchodem anodového proudu prvním systémem se samočinně nastaví mřížkové předpětí i pro druhý systém, přičemž napájecí



Obr. 84. Předzesilovač s jednou triodou typu ECC85 v zapojení se společnou mřížkou



Obr. 85. Jiné řešení vstupního obvodu předzesilovače s triodou v zapojení se společnou mřížkou



Obr. 86a. Kvalitní zesilovač se dvěma triodami typu PCC84 nebo PCC88 v tzv. kaskádním zapojení

Obr. 86b. Přizpůsobovacího článek Π mezi první a druhou elektronkou v zesilovači podle obr. 86a

napětí se rozdělí pro obě triody přibližně na polovinu a oběma triodami teče stejný proud I_a.

Při zpracování silných vstupních signálů je možné zmenšit zesílení záporným napětím AVC přivedeným na mřížku první triody E1a. Anodový proud E1a se zmenší, což by vedlo ke zvětšení anodového napětí na anodě E1a. To je však zároveň napětím na katodě E1b, která má pevné mřížkové předpětí z odporového děliče. Katoda E1b se ale při poklesu celkového anodového proudu stává kladnější, napětí mezi mřížkou a katodou E1b je zápornější a E1b se taktéž uzavírá, přičemž napětí U_{ak} zůstává přibližně konstantní.

Vstupní a výstupní obvod jsou v tomto kaskádovém zapojení navzájem dokonale odděleny, zesilovač má zisk přes 20 dB a šumové číslo kolem 5 dB. To byl na tehdejší dobu (50. a 60. léta minulého století) velmi kvalitní zesilovač pro kmitočty VHF.

Vstupní obvod je tvořen cívkou L2 a otočným kondenzátorem C1. Vzhledem k velkému vstupnímu odporu elektronky musí být zajištěno přelaďování na vstupu přes celé přijímané pásmo. Ze vstupního obvodu přichází signál na mřížku první triody.

Signál z anody E1a je navázán na katodu druhé triody E1b, která pracuje v zapojení se společnou mřížkou, přes cívku L3.

Cívka L3 je spolu s výstupní kapacitou C_a první triody E1a a vstupní kapacitou C_k druhé triody E1b součástí přizpůsobovacího článku Π (viz obr. 86b a čárkovaně zakreslené kapacity na obr. 86a). Rezonance tohoto článku je velmi plochá a obvod se ladí na kmitočet v horní polovině přijímaného pásma - v televizorech na frekvenci kolem 200 MHz a v rozhlasových přijímačích FM někde v okolí 100 MHz.

Velmi nežádoucím parametrem je kapacita mezi anodou a mřížkou první triody. Konstrukční kapacita C_{aI}/C_{gI} elektronky je asi 1,4 pF. To je velikost, která způsobuje velký zpětný přenos vf signálu z anody na mřížku a zmenšuje zesílení a zvětšuje šumové číslo zesilovače.

Nejjednodušším řešením je tuto kapacitu vykompenzovat - tzv. neutralizovat. Je to možné např. cívkou L_N. Ta tvoří spolu s kapacitou C_{ag} (která je na obr. 86a zakreslena čárkovaně) paralelní rezonanční obvod naladěný na střed přijímaného pásma. Tím je zpětnému přenosu vf signálu zamezeno. Kondenzátor C3 je vazební a pouze odděluje ss napětí. Jeho reaktance musí být zanedbatelná. Katoda první triody a mřížka druhé triody musí být dokonale blokovány průchodkovými kondenzátory C4 a C6, jinak se může vlivem parazitních indukčností přívodů zesilovač rozkmitat.

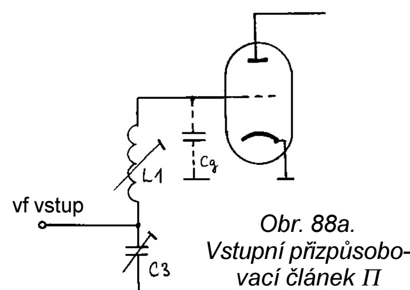
V anodovém obvodu E1b je výstupní rezonanční obvod C8, L4. Přelaďuje se v souběhu se vstupním obvodem otočným kondenzátorem C8. Výstupní odpor v anodě E1b je velký - desítky kΩ. Anodový obvod je obvykle navázán na směšovač pásmovou propustí, viz dále.

Na obr. 87 je další zapojení kaskádního zesilovače pro elektronku PCC88.

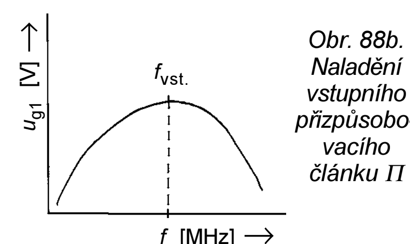
Od předchozího zesilovače z obr. 86a se liší provedením vstupního obvodu. PCC88 má menší vstupní odpor než PCC84. Přizpůsobení k anténnímu napáječi tvoří laděný obvod ve tvaru článku Π, který je tvořen součástkami L1, C3 a vstupní kapacitou C_{gk} první elektronky. Anténní napáječ je na laděný obvod navázán proudovou kapacitní vazbou s C3. Celkovou ladicí kapacitu tvoří vstupní kapacita C_{gk} první triody E1a (viz obr. 88a). Malým vstupním odporem triody je rezonance zatlumena, takže obvod je dostatečně širokopásmový. Ladí se změnou indukčnosti *L1* na střed přijímaného pásma (viz obr. 88b).

Ve vstupním obvodu je dále realizována můstková neutralizace (viz obr. 89). Na mřížku E1a proniká nežádoucí signál přes kapacitu *C*ag a budí rezonanční obvod s cívkou L1. Zavedeme-li tentýž signál z anody E1a přes C2 na druhý konec cívky L1, vznikne spolu s kapacitami *C2*, *C3* a kapacitami *Cag* a *Cgk* vyvážený Wheatstonův můstek, v jehož úhlopříčce G - VF bude ve vyváženém stavu nulové napětí, resp. mezi rameny A - zem a G - VF bude nulový přenos napětí. Na cívku L1 se pak nebude přenášet žádné nežádoucí napětí z anody. Můstek se vyvažuje kapacitním trimrem C3.

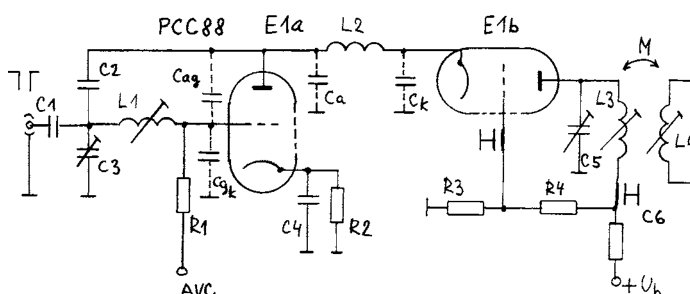
V kanálových voličích televizních přijímačů se zapojení vf zesilovače podle obr. 87 používalo od doby prvního superhetu (TVP Athos - rok výroby asi 1955) až do 70. let minulého století, kdy se objevily první kanálové voliče s tranzistory. Cívka L1 a propust L3 i L4 včetně cívky oscilátoru (na obr. 87 nezakreslené) byly v pevném provedení umístěny na dvanáctipolohovém otočném karuselu. Tím bylo realizováno



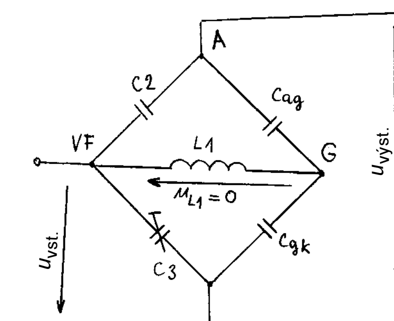
Obr. 88a. Vstupní přizpůsobovací článek Π



Obr. 88b. Naladění vstupního přizpůsobovacího článku Π



Obr. 87. Jiné řešení vstupního obvodu zesilovače se dvěma triodami v tzv. kaskádním zapojení



Obr. 89. Můstková neutralizace kapacit vstupní elektronky vf zesilovače

pevné naladění všech dvanácti TV kanálů v prvním a třetím TV pásmu.

V komerčních rozhlasových přijímačích se zesilovač podle obr. 87 u nás nikdy nepoužíval.

Tento zajímavě zapojený vf zesilovač je použit v dále popsané vstupní jednotce přijímače VKV pro pásmo 87 až 108 MHz, která byla prakticky realizována.

8.6. Oscilátor

Pro VHF pásma se nejčastěji používá Colpitsův oscilátor s vysokofrekvenční triodou.

Na obr. 90a je základní zapojení takového oscilátoru s triodovou částí elektronky PCF82. Oscilátor pracuje v tříbodovém zapojení. Střed laděného obvodu s cívkou L je vytvořen ladicím kondenzátorem s rozděleným statorem (C1a a C1b). Takto konstrukce ladicího kondenzátoru se nazývá splittstator. Rotor je uzemněn a dva pevné statory jsou spojeny s vinutím cívky. Na obou koncích cívky je proti zemi napětí fázově otočené o 180 °, takže není problémem zajištění fázové podmínky pro vznik oscilací. Rezonanční obvod se připojí k triodě mezi mřížku a anodu, elektronka v zapojení se společnou katodou obrací fázi taktéž o 180 °.

Ve středu vinutí cívky L je nulové vf napětí, do tohoto bodu je přes srážecí rezistor Ra připojeno anodové napětí. Velikostí odporu rezistoru Ra se nastavuje anodový proud triody a tím i výkon oscilátoru. Kondenzátor Cv je vazební, odděluje ss anodové napětí od mřížky.

Záporné mřížkové předpětí vytváří trioda automaticky usměrněním vf napětí na mřížce, která se chová spolu s katodou jako dioda. Usměrněné napětí o velikosti několika voltů se objeví na mřížkovém rezistoru Rg.

Impedance na mřížce i na anodě je velká, rezonanční obvod není zatlumen, a proto oscilátor dodává signál s velmi dobrou spektrální čistotou. Obsah vyšších harmonických kmitočtů je obvykle pod -30 dB. Oscilátor je přeladitelný v širokém rozsahu kmitočtů a dodává výkon až do 100 mW.

Nevýhodou popsaného zapojení oscilátoru je, že oba konce rezonanční cívky L jsou živé, takže ani jeden není možné uzemnit. Další nevýhodou je potřeba ladicího kondenzátoru s rozděleným statorem.

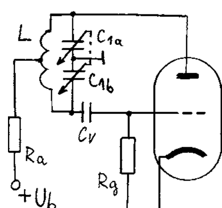
Tyto problémy je možné obejít v zapojení podle obr. 90b, pokud nepožadujeme velký rozsah přeladění kmitočtu.

Anodovou sekci otočného kondenzátoru s rozděleným statorem nahradíme pevným kondenzátorem C1 a kmitočet se ladí mřížkovou sekcí (C2) a dolaďovacím trimrem.

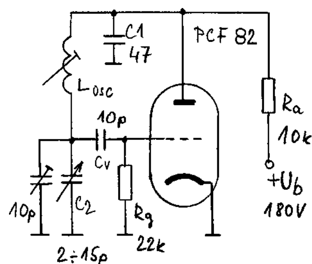
Oscilátor je možné přelaďovat v rozsahu od 90 do 120 MHz, takže je vhodný pro aplikaci ve vstupní jednotce přijímače VKV.

Kondenzátor C1 zároveň slouží jako padding pro úpravu rozsahu přeladění oscilátoru ve vztahu ke vstupnímu obvodu přijímače.

Při oživování oscilátoru je nutné dát pozor na skutečnost, že pokud oscilátor z nějaké příčiny nekmitá, nemá mřížka triody předpětí a triodou teče velký anodový proud. V takovém případě by se trioda mohla přehřát nebo by se mohl přetížit anodový rezistor Ra.



Obr. 90a. Základní zapojení Colpitsova oscilátoru



Obr. 90b. Upravené zapojení Colpitsova oscilátoru, ve kterém není vyžadován ladicí kondenzátor s děleným statorem

8.7. Směšovače

Pro VHF aplikace velmi dobře funguje pentodový směšovač s elektronkou PCF 82 podle obr. 91.

Směšovač je aditivní, na řídicí mřížku se současně přivádí signály ze vstupního obvodu i z oscilátoru.

Na obr. 91 je vstupní obvod tvořen pásmovou propusti se součástkami C1, L1 a C2, L2.

Oscilátorové napětí se indukuje taktéž do cívky L2 tak, že cívka Losc oscilačního obvodu je umístěna v blízkosti cívky L2. Obě cívky musí být vázány společným magnetickým polem, resp. vzájemnou indukčností *M*osc.

Jiný způsob vazby je možný kondenzátorem Cv o kapacitě asi 1 pF. V takovém případě musí být oscilátor od směšovače dobře odstíněn, neboť kapacitní a indukční vazbu není možné kombinovat.

Přítomností napětí z oscilátoru na obou koncích cívky L2 se usměrňovacím účinkem řídicí mřížky g_1 směšovače automaticky vytvoří na článku *R1*, *C3* mřížkové předpětí o velikosti asi -1 až -3 V. Toto předpětí můžeme měřit v měřicím bodu MB. Z velikosti předpětí lze posoudit, zda pentoda pracuje v požadovaném nelineárním režimu s dostatečnou směšovací strmostí.

Mf signál se odebírá z anody směšovače, ke které je připojena primární část prvního mf transformátoru MFT1. Transformátor MFT1 je naladěn na rozdílový mf kmitočet.

Stínicí mřížka směšovací pentody je napájena kladným napětím přes rezistor R2 a pro vf signál je blokována kondenzátorem C4.

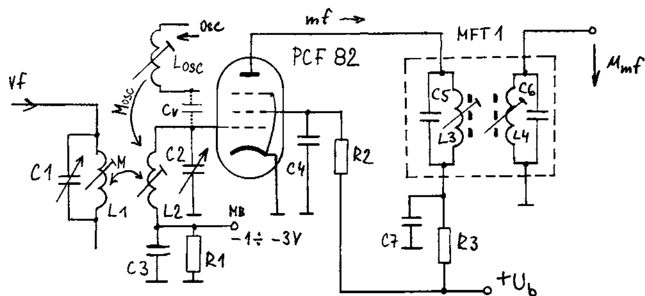
Pokud nekmitá oscilátor, pentoda směšovače pracuje bez mřížkového předpětí a teče jí velký proud. Tím se může přetížit stínicí mřížka pentody a poškodit celá elektronka.

8.8. Mf zesilovače

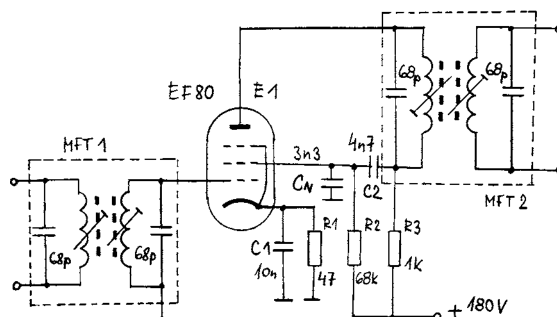
V mf zesilovači je vytvořena hlavní selektivita a největší část zesílení celého přijímače. V elektronkových zapojeních se používá několikastupňový mf zesilovač, jehož výslednou selektivitu vytvářejí pásmové propusti mezi jednotlivými stupni (viz obr. 39 v předchozím díle článku v KE 3/2004).

Pro přijímač VKV se standardním mf kmitočtem 10,7 MHz vystačíme spolehlivě se třístupňovým zesilovačem, u jednoduchého přijímače vystačíme i se dvěma mf stupni.

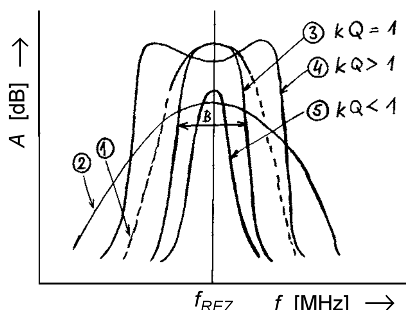
Schéma zapojení typického mf zesilovače je na obr. 92. Pro tento zesilovač jsou vhodné pentody pro vf a mf aplikace typu EF80 nebo EF184, pro zesilovače s regulací AVC je vhodná elektronka EF183. Elektronka pracuje v zapojení se společnou katodou. Mřížkové předpětí se vytváří na rezisto-



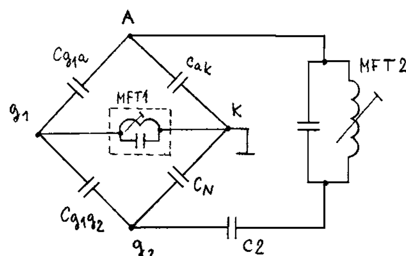
Obr. 91. Pentodový aditivní směšovač s elektronkou PCF82



Obr. 92. Typický mf zesilovač pro 10,7 MHz



Obr. 93. Kmitočtové charakteristiky rezonančních obvodů LC.
1) Nezatlumený jednoduchý obvod LC,
2) Jednoduchý obvod s malým činitelem jakosti Q,
3) až 5) Pásmová propust se dvěma rezonančními obvody LC, parametrem křivek je činitel vazby k mezi obvody.
Při $k \cdot Q < 1$ je vazba podkritická,
při $k \cdot Q = 1$ je vazba kritická a
při $k \cdot Q > 1$ je vazba nadkritická



podmínka vyvážení můstku:

$C_N/Cak = Cg_1g_2/Cg_1a$,

z toho vyplývá pro C_N:

$C_N = Cak \cdot Cg_1g_2/Cg_1a$.

Obr. 94. Neutralizační můstek v mf zesilovacím stupni s elektronkou

ru R1 v obvodu katody, který je přemostěn blokovacím kondenzátorem C1. Na řídicí mřížku pentody je připojeno sekundární vinutí transformátoru MFT1.

Zesílený mf signál se odebírá z anody, ke které je připojena primární část transformátoru MFT2. Rezonanční obvody v transformátorech MFT1 a MFT2 jsou vyladěny na mf kmitočet.

Mf transformátory jsou tvořeny dvouobvodovými pásmovými propustmi se dvěma rezonančními obvody *LC* vázanými induktivní vazbou. Podle velikosti činitele *k* vzájemné vazby rezonančních obvodů mají propusti některý z průběhů kmitočtových charakteristik, které jsou uvedeny na obr. 93.

Pro mf zesilovače na kmitočtu 10,7 MHz přijímačů VKV je optimální volit vazbu okolo hodnoty $k \cdot Q = 1$ (kritickou), při které má křivka kmitočtové charakteristiky plochý vrchol. I fázová charakteristika přenosu (resp. skupinové zpoždění přenosu) je při této vazbě vyhovující.

Celkovou přenášenou šířku pásma *B* je možné ovlivnit změnou činitele jakosti *Q* rezonančních obvodů, které můžeme podle potřeby zatlumit paralelně připojeným odporem o velikosti 5 až 100 kΩ.

Čím větší je poměr *L/C* rezonančních obvodů (tj. čím menší je paralelní kapacita *C* laděného obvodu), tím větší je zesílení.

Napěťové zesílení *A* elektronky je dáno součinem její provozní strmosti *S* a zatěžovacího odporu *Rd* v anodě:

$A = S \cdot Rd$ [-; mA/V, kΩ].

Rezonanční obvod v anodě má při rezonanci činný odpor:

$Rd = 1000/2 \cdot \pi \cdot B \cdot C =$

$= 1000 \cdot Q/2 \cdot \pi \cdot f \cdot C$ [kΩ; MHz, pF].

V praxi se ke kapacitě rezonančního obvodu přičítají ještě kapacity elektronky a montážní kapacity.

Při praktické realizaci mf zesilovače pro kmitočet 10,7 MHz volíme pevnou kapacitu v rezonančním obvodu alespoň 47 pF, protože při menší kapacitě se značně zvětšuje zesílení a zesilovač se stává nestabilním. Nestabilita se projevuje deformací kmitočtové charakteristiky mf filtru nebo až rozkmitáním celého zesilovače. Příliš malá pevná kapacita v rezonančném obvodu vede též k nestabilitě jeho naladění.

Elektronka rezonanční obvody téměř netlumí, mřížková i anodová impedance je nejméně o řád vyšší než je rezonanční odpor obvodů *LC* v mf transformátorech. Proto lze, na rozdíl od tranzistorových zapojení, připojit elektrody elektronky přímo na živé konce laděných obvodů.

Stínicí mřížka mf pentody je připojena na napájecí zdroj přes rezistor R2. Elektronka EF80 má maximální strmost, když je na stínicí mřížku přivedeno plné anodové napětí +180 V. Vřazením srážecího rezistoru R2 je možné napětí stínicí mřížky zmenšit a tím zmenšit i celkové zesílení mf stupně, což může být výhodné kvůli stabilitě celého zesilovače.

Rezistor R3 je pouze oddělovací. Na anodě pentody EF80 má být napětí 170 až 200 V, jmenovitý anodový proud pro maximální zesílení je asi 10 mA.

Z hlediska vf zesilovače je ještě důležitá zpětná přenosová kapacita Cg_1a mezi anodou a řídicí mřížkou. Elektronka EF80 má tuto kapacitu pouze 0,008 pF, ale při velkém zesílení a velkých impedancích obvodů v mřížce i v anodě se i tak malá kapacita může projevit nežádoucím způsobem. Proto je vhodné ji neutralizovat pomocí dalších kondenzátorů v obvodu stínicí mřížky.

Studený konec rezonančního obvodu v anodě není pro vf signál zablokován na zem, ale je přes vazební kondenzátor C2 připojen na stínicí mřížku, která je blokována neutralizačním kondenzátorem C_N. Zapojení tvoří spolu s dalšími kapacitami elektronky vyvážený můstek podle obr. 94, ve kterém požadujeme nulový přenos mezi úhlopříčkami A - g_2 a g_1 - k. V úhlopříčce A - g_2 je zesílené mf napětí z rezonančního obvodu MFT2 a úhlopříčka g_1 - k představuje vstupní obvod elektronky.

Při správné velikosti kapacity C_N bude dělicí poměr $Cg_1a : Cg_1g_2$ stejný jako poměr $Cak : C_N$ a nežádoucí přenos z anody na vstupní obvod bude minimální.

Kapacita Cag_2 se přičítá k rezonanční kapacitě anodového rezonančního obvodu a kapacita Cg_1k se přičítá k rezonanční kapacitě mřížkového rezonančního obvodu.

Konkrétní provedení mf transformátorů je popsáno dále.

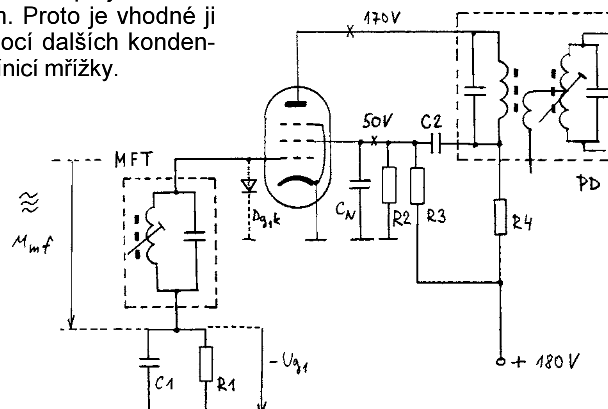
8.9. Omezovač AM

Posledním stupněm mf zesilovače bývá tzv. omezovač, který slouží k potlačení parazitní amplitudové modulace na mf kmitočtu, která nežádoucím způsobem ovlivňuje následující FM demodulátor a může přispět ke zvýšenému zkreslení modulace (viz kapitola o demodulátorech FM v předchozím díle článku v KE 3/2004).

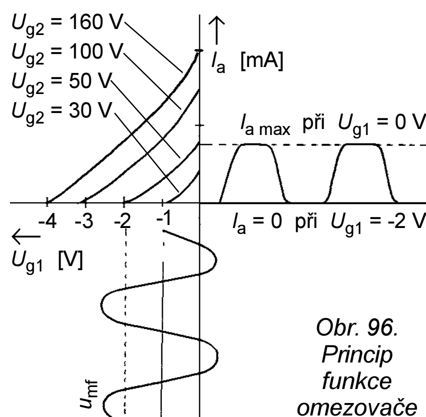
Elektronkový omezovací stupeň je možné realizovat v zapojení podle obr. 95. Zapojení se od mf zesilovacího stupně liší připojením článku *R1*, *C1* v obvodu řídicí mřížky pentody a přítomností odporového děliče R3, R2 v obvodu stínicí mřížky. V anodovém obvodu omezovače je připojen poměrový detektor nebo fázový diskriminátor.

Princip funkce omezovače je znázorněn v převodní charakteristice na obr. 96. Vf napětí nakmitané na sekundárním rezonančním obvodu poslední mf propusti MFT je usměrňováno řídicí mřížkou, která se spolu s katodou chová jako dioda (jako dioda Dg_1k čárkovaně zakreslená na obr. 95) a nabíjí kondenzátor C1. Mřížkový proud teče pracovním rezistorem R1, na kterém vytváří záporné napětí $-Ug_1$.

Tímto záporným napětím se uzavírá elektronka při záporné půlvlně vf napětí



Obr. 95. Omezovací stupeň v řetězci mf zesilovače pro FM pracujícím na kmitočtu 10,7 MHz



Obr. 96. Princip funkce omezovače

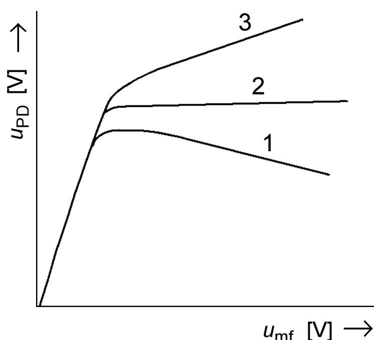
u_{mf} a zaniká její anodový proud, což má za následek oříznutí vrcholové části napětí na primárním rezonančním obvodu poměrového detektoru PD.

Při kladné půlvlně napětí u_{mf} se naopak anodový proud pentodou zvětšuje až do maximální velikosti, která (vlivem zmenšeného napětí na stínící mřížce děličem R3, R2) nemůže být překročena ani při dalším zvyšování napětí na řídicí mřížce. Díky tomuto nasycení anodového proudu je oříznuta i druhá půlvlna mf napětí.

Mf napětí s původně sinusovým průběhem je před příchodem do demodulátoru omezovačem účinně oboustranně ořezáno a tím je potlačena jeho parazitní amplitudová mudulace a všechny nahodilé poruchy amplitudového charakteru. Pro slabý mf signál pod prahem nasazení limitace omezovací stupeň funguje jako zesilovač.

Na časové konstantě článku *RC* v řídicí mřížce a na velikosti napětí na stínicí mřížce závisí účinnost a práh nasazení omezovače. Tyto veličiny musíme volit tak, aby limitace byla pokud možno symetrická.

V závislosti na velikosti odporu rezistoru R1 bude různý průběh vf převodní charakteristiky omezovače, jak je to znázorněno na obr. 97. Úhel otevření elektronky má být asi 90 ° a časová konstanta článku *RC* v mřížce má být pro monofonní přijímače VKV asi 10 až 20 μs a pro stereofonní přijímače asi 2 až 5 μs. Příliš velká časová konstanta může způsobit nf zkreslení. Praktické pokusy však neprokázaly výraznou změnu velikosti zkreslení při změně kapacity kondenzátoru C1.



Obr. 97. Vf převodní charakteristiky omezovače pro různé velikosti odporu rezistoru R1

Odpor rezistoru R1 je nejsnazší určit zkusmo měřením napětí na poměrovém detektoru v závislosti na vstupním napětí omezovače. Optimální převodní charakteristika má odpovídat průběhu 2 na obr. 97 (při zvětšování vstupního napětí má zůstat výstupní napětí pro demodulátor konstantní).

Napětí na stínicí mřížce elektronky EF80 volíme v rozsahu 30 až 60 V. Vzhledem k proměnnému proudu stínicí mřížky není možné ji napájet přes srážecí rezistor, ale ke zmenšení anodového napětí musíme použít odporový dělič R3, R2.

8.10. Demodulátory FM

Demodulátory FM signálu byly podrobně popsány v předchozích kapitolách. U elektronkových přijímačů se používá poměrový detektor nebo fázový diskriminátor se dvěma diodami EAA 91, popř. je možné využít elektronku PABC80. Princip funkce i zapojení je shodné jako u demodulátorů s polovodičovými diodami.

Konkrétní zapojení poměrového detektoru je popsáno dále.

9. Kvalitní tuner VKV s novalovými elektronkami

V této kapitole je popsána prakticky realizovaná konstrukce tuneru VKV pro věrnou reprodukci s celkem 7 elektronkami pro přijímané pásmo 87 až 108 MHz.

Autor zvolil středně složitou koncepci zapojení dvouelektronkové vstupní jednotky (PCC88 + PCF82), jejíž sestava i inspirace autora pro schéma zapojení vychází z klasického dvouelektronkového televizního kanálového voliče pro VHF pásma.

Jednotka tvoří v konstrukci samostatný blok, kmitočet se přelaďuje čtyřnásobným otočným kondenzátorem.

Za vstupní jednotkou následuje mf zesilovač se třemi pentodami (EF183, EF80, EF80) a poměrový detektor s dvojitou detekční diodou EAA91.

Poslední použitá elektronka je indikátor vyladění - magické oko, která se na funkci přijímací části tuneru nijak nepodílí.

Ve vstupní jednotce byly použity elektronky se seriovým žhavením (řada P), neboť jsou nejsnáze dostupné ze všech typů elektronkových televizorů. Je samozřejmě možné použít i řadu E, ale typ ECC88 a ECF82 budeme obtížně shánět. ECC88 není možné bez změny zapojení mřížkového předpětí nahradit typem E88CC!

Koncepce celého mf zesilovače vychází z klasického zapojení s mezifrekvenčními transformátory mezi stupni. Celá konstrukce je drátového klasického provedení na plechovém chassis, součástky jsou umístěny pod chassis a připojeny přímo na objímky elektronek a na pájecí očka na pertinaxových lištách.

Pro napájení je použit síťový transformátor, který dodává žhavicí a anodové napětí. Autor do konstrukce použil v maximální míře součástky „kořistního“ původu. Tato kapitola by mohla být námětem a ukázkou, jak se dají různé starší, pro mnohé na první pohled sice hezké, ale z dnešního pohledu nepoužitelné součástky využít.

Teoretické poznatky ke všem obvodům přijímače byly popsány v předchozí kapitole, takže v dalším textu je hlavní důraz kladen na popis provedení, konstrukce a oživování jednotlivých částí.

Při pátrání po nejstarším publikovaném zapojení superhetu pro příjem VKV autor nalezl konstrukci publikovanou v časopise Elektronik z roku 1950. Za zmínku stojí skutečnost, že v té době právě začaly první pokusy s vysíláním rozhlasu na VKV z vysílače Petřín v Praze , který pracoval na frekvenci 89,5 MHz, tedy v pásmu CCIR! Teprve pozdějším rozhodnutím bylo definitivně v Československu přiděleno k vysílání pásmo OIRT 66 až 73 MHz, což na dlouhou dobu komplikovalo konstrukci vstupních obvodů všech jakostnějších přijímačů, u kterých byl požadavek na příjem podle normy OIRT i CCIR.

Od té doby všechny komerčně vyráběné elektronkové přijímače v ČSR a ČSSR měly pouze vstupní díl pro pásmo OIRT nevalných vlastností s využitím kmitajícího směšovače a dvojité triody ECC85. Kmitočet se přelaďoval změnou indukčnosti variometrem s hliníkovými jádry. Žádnou úpravou těchto vstupních dílů se nepodařilo optimálně realizovat přeladění do pásma CCIR tak, aby bylo zajištěno přeladění přes celé pásmo 87 až 108 MHz.

Celý popisovaný přijímač byl sestaven. Celkové zapojení se dvěma elektronkami ve vstupní části a třístupňový mf zesilovač bylo zvoleno jako středně složité. Důvodem byl požadavek, aby měl tuner dostatečnou citlivost i selektivitu. Dalším důvodem byla také skutečnost, že VKV obvody téměř ve všech komerčně vyráběných elektronkových přijímačích čs. výroby byly vždy kombinovány s obvody rozsahů AM, mf zesilovač byl až na výjimky (Hymnus, Maestro) prvních modelů rozhlasových přijímačů v 50. letech pouze dvoustupňový a v některých modelech vyráběných okolo 70. let byla i vstupní jednotka pro všechny rozsahy sdružená, takže vlastnosti těchto přijímačů právě při příjmu rozsahu VKV byly více než podprůměrné.

Popisovaná konstrukce může být i inspirací, jakým způsobem je možné různé vf a mf obvody s lampami zapojovat a prakticky zapojení realizovat z různých dnes už téměř zapomenutých součástek.

Na závěr úvodu ještě připomínám, že v konstrukci se vyskytuje při provozu i oživování na zdroji a v anodových obvodech napětí okolo 200 V, které může být životu nebezpečné při náhodném dotyku nebo může při neopatrnosti poškodit měřicí přístroje.

9.1. Vstupní jednotka se dvěma elektronkami

Schéma vstupní jednotky s elektronkami PCC88 a PCF82 je uvedeno na obr. 98.

Vstupní signál z antény o impedanci 300 Ω přichází přes symetrický anténní vstup na cívku L1, která tvoří vazbu na rezonanční obvod se součástkami L2, C1 a C2.

Vstupní zesilovač je kaskádního zapojení s dvojitou triodou PCC88. Mřížka první triody E1a je připojena přes vazební kondenzátor C3 na odbočku cívky L2 rezonančního obvodu, protože trioda PCC88 má relativně malý vstupní odpor a nepřiměřeně by tlumila vstupní obvod.

U triody E1a je aplikována neutralizace mezielektrodové kapacity C_{ag_1}, kterou zajišťuje cívka L3. S kapacitou elektronky rezonuje na frekvenci asi 98 MHz a zajišťuje dobrou neutralizaci v celém pásmu 87 až108 MHz. Správným připojením a správným naladěním cívky L3 podstatně klesne šumové číslo kaskádního zesilovače.

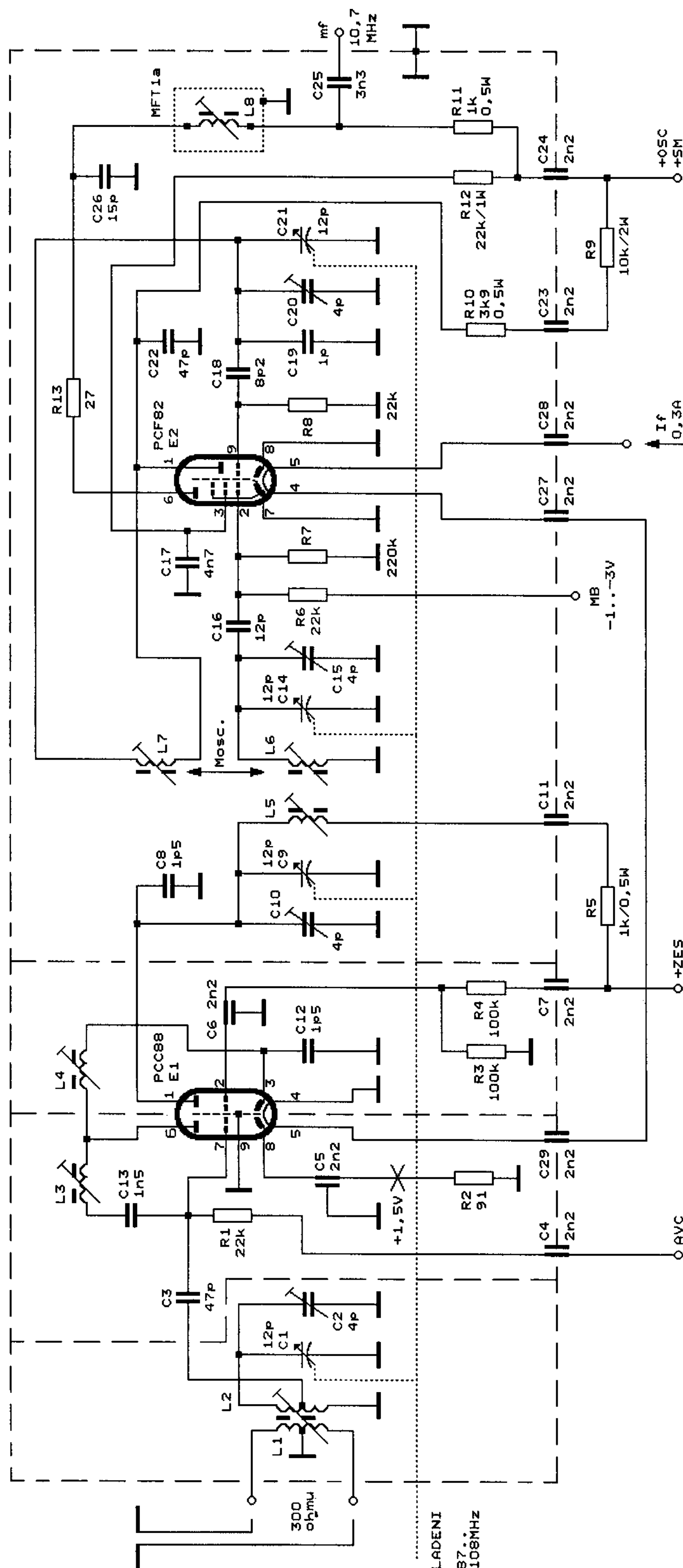
Druhá trioda E1b je navázána na anodu první triody E1a přes cívku L4, která spolu s kapacitou C12 a kapacitami elektronek vytváří širokopásmový článek Π a v celém rozsahu přeladění zajišťuje dobré přizpůsobení obou elektronek. Cívka L4 se ladí na kmitočet v okolí 100 MHz. Mřížka triody E1b je připojena na pevný odporový dělič R4, R3 a pro vf signál je zablokována průchodkovým kondenzátorem C6. Dobré vf uzemnění této mřížky co nejkratším přívodem je nezbytnou podmínkou provozu dvojité elektronky PCC88. Je-li přívod ke kondenzátoru dlouhý nebo je-li použit kondenzátor s drátovými vývody, zesilovač se spolehlivě rozkmitá. Totéž platí pro blokování katody E1a kondenzátorem C5.

Základní mřížkové předpětí první triody je vytvořeno napětím na katodovém rezistoru R2. Na mřížku E1a je přivedeno napětí z obvodů AVC a omezovače z mf zesilovače.

AVC slouží k regulaci zesílení vstupního zesilovače při příjmu silných signálů, aby se nepřebudil směšovač a nevzniklo zkreslení signálu. Záporným napětím proti chassis se zesílení kaskádního zesilovače zmenšuje. V neřízeném stavu má zesilovač zisk přes 20 dB.

Jmenovitý anodový proud obou triod je 15 mA, doporučené napájecí napětí má být 180 V, napětí anody každé triody má být 90 V. Katodový odpor vytvářející základní mřížkové předpětí má být 87 Ω.

Vstupní obvod, cívka L4 i výstupní obvod L5 musí být od sebe dokonale odstíněny přepážkami v chassis konstrukce i přes vývody na objímce elektronky.



Obr. 98. Vstupní jednotka rozhlasového přijímače VKV FM s elektronkami PCC88 a PCF82

K anodě E1b je připojen primární rezonanční obvod pásmové propusti, která filtruje přijímaný signál. Rezonanční obvod je tvořen cívkou L5 a kondenzátory C10, C9 a C8. Studený konec cívky L5 blokuje průchodkový kondenzátor C11, kterým se přes rezistor R5 přivádí anodové napětí pro obě triody. Sekundární rezonanční obvod pásmové propusti tvoří cívka L6 a kondenzátory C14 a C15. Kondenzátorem C16 je na tento obvod navázána řídicí mřížka směšovače.

Směšovač je aditivní s pentodovou částí elektronky E2 typu PCF82. Mřížkové předpětí se vytváří na rezistoru R7 a kondenzátoru C16 usměrněním signálu z oscilátoru mřížkou směšovací elektronky. Přes rezistor R6 je vyveden měřicí bod MB, který slouží ke kontrole činnosti směšovače i oscilátoru.

Stínicí mřížka pentody je napájena přes rezistor R12 a je blokována pro vf signál kondenzátorem C17 na chassis. Neutralizace kapacit elektronky není

provedena, nežádoucí parazitní rezonance s indukčnostmi přívodů a kapacitami elektronky i montáže součástek spolehlivě zatlumí rezistor R13 v anodě pentody.

K anodě směšovače je připojena cívka L8, která s kondenzátorem C26 tvoří první rezonanční obvod tříokruhové pásmové propusti mf signálu 10,7 MHz.

Mf signál se odebírá z rezistoru R13 vazebním kondenzátorem C25, který odděluje ss anodové napětí. Mf signál se zavádí do dalších mf rezonančních obvodů, které jsou součástí mf zesilovače.

Doporučený anodový proud pentody ve funkci směšovače je asi 5 mA při anodovém napětí 170 až 200 V, stínicí mřížkou protéká proud asi 2 mA.

Triodová část E2 je zapojena jako Colpittsův oscilátor. Oscilační cívka L7 má vazbu na cívku L6 vstupní pásmové propusti. Z cívky L7 se nakmitává napětí oscilátoru na cívku L6 a do mřížky směšovače. Uzemněný střed tříbodového oscilátoru tvoří kondenzátor C22 (který slouží zároveň jako padding) a kondenzátory C19, C20 a C21. Vazbu na mřížku triody uskutečňuje kondenzátor C18.

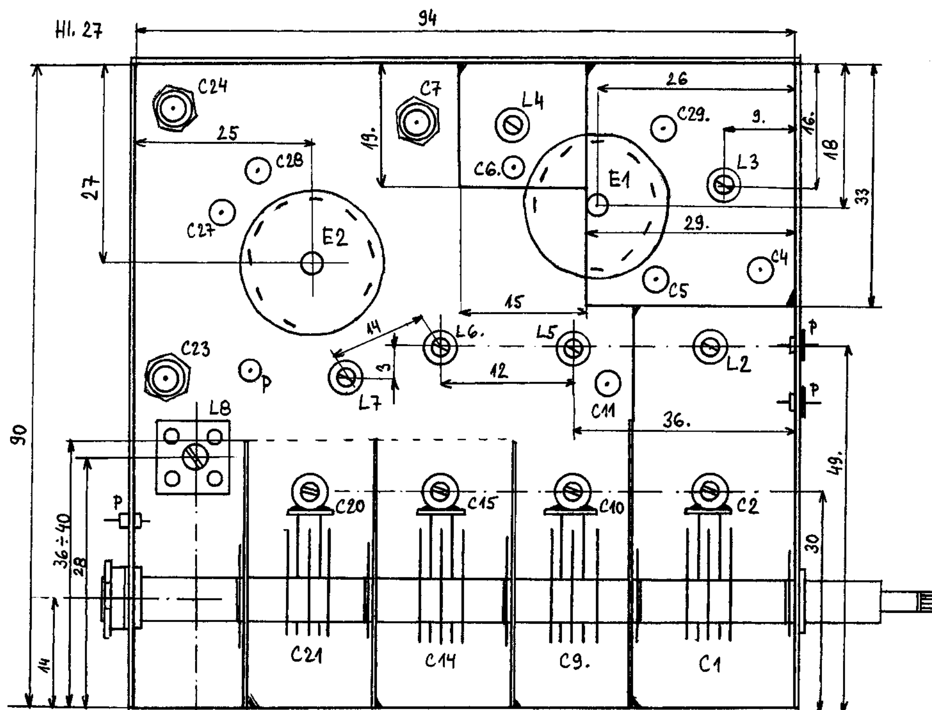
Stejnosměrně je anoda triody oscilátoru napájena přes rezistory R10 a R9. Rezistory R9 a R5, na kterých je větší výkonová ztráta, jsou umístěny vně chassis jednotky. Doporučený provozní pracovní anodový proud triody má být 3 až 4 mA.

Celá dvouelektronková vstupní jednotka tvoří samostatný konstrukční modul. Autor použil těleso tranzistorového TV kanálového voliče typu „KTJ“, který byl vyráběn na přelomu 70. let v Jugoslávii a byl dodáván do několika typů černobílých TV přijímačů, např. do TVP IRENA a do některých TVP z TESLA Orava. Velké množství těchto voličů bylo a možná ještě je v různých výprodejích.

Tento kanálový volič byl pro všechna pásma a obsahoval čtyřnásobný otočný kondenzátor s maximální kapacitou asi 12 pF, jehož statorové části byly připájeny ke keramickým souosým kapacitním trimrům o maximální kapacitě 4 pF. Těleso kanálového voliče tvoří v základu malé chassis s vnitřními rozměry asi 94x90 mm a o hloubce asi 27 mm. Chassis je z pozinkovaného plechu o tloušťce asi 1,5 mm s různými vnitřními plechovými přepážkami, které jsou kontaktně navařeny k základní sestavě. Zapojení obsahovalo množství plošných cívek a lištový přepínač TV pásem.

Z voliče demontujeme všechny součástky vyjma částí a statorů otočného kondenzátoru a kapacitních trimrů.

V ploché části odfrézujeme nebo propilujeme části děr pro novalové objímky elektronek. Z vnitřních částí chassis odfrézujeme původní přepážky tak, že ponecháme přepážky pouze v délce od postranního boku k dolaďovacím trimrům. Rozmístění základních součástek jako jsou objímky pro elektronky,

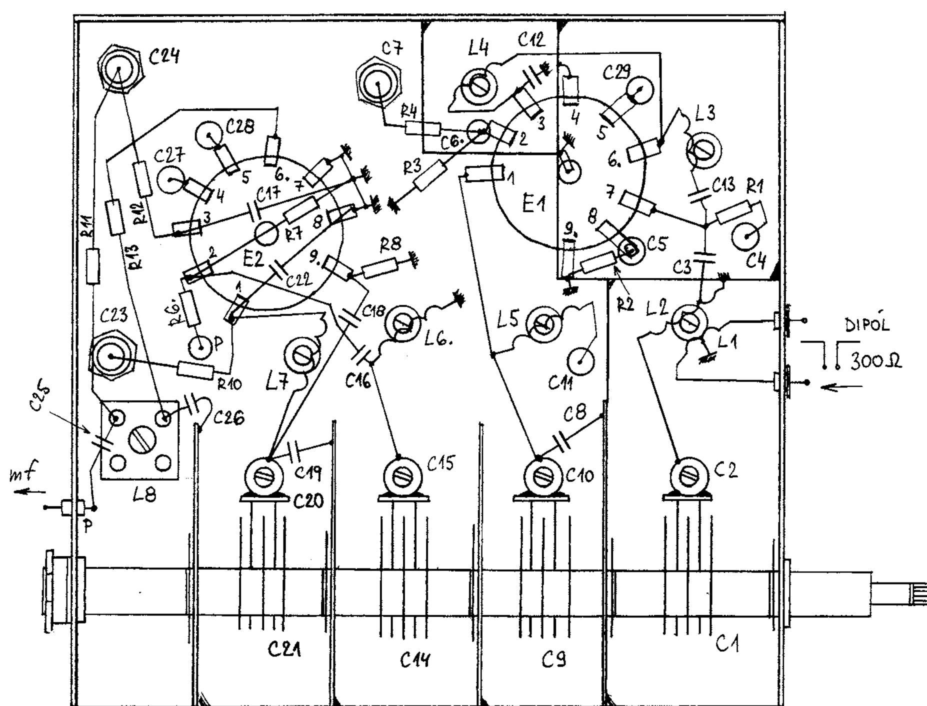


Obr. 99. Rozmístění základních součástek na chassis vstupní jednotky

průchodkové kondenzátory a cívky, je znázorněno na obr. 99, na kterém jsou i zakótovány důležité rozměry. Přesné dodržení rozměrů není kritické, důležité je základní umístění elektronek včetně natočení objímek, aby páskové vývody z objímek bylo možné co nejkratšími přívody spojit s dalšími součástkami. Rozmístění stínicích přepážek u vstupní elektronky a vzdálenost cívek L5 a L6, které jsou navzájem vázány mezi sebou a s cívkou oscilátoru, je třeba dodržet, popř. odfrézovat pro cívku L5 oválnou díru, aby jí bylo možné ve vzdálenosti k cívce L6 posouvat a nastavovat tak konečnou velikost vzájemné vazby.

Objímky pro elektronky jsou vhodné keramické s osazením pro nasazení stínicího krytu. Přišroubujeme je nebo přinýtujeme dutými nýtky na samostatný pozinkovaný nebo pocínovaný plech tloušťky asi 0,8 mm a ten po okrajích přišroubujeme k tělesu prázdného voliče z horní části a po okrajích propájíme.

Společně pak vyvrtáme díry pro průchodky, cívky a průchodkové kondenzátory a zapájíme nové přepážky z pocínovaného plechu o tloušťce 0,3 až 0,5 mm u objímky vstupní elektronky.



Obr. 100. Zapojovací plánek vstupní jednotky

Jednotlivé sekce kaskádního zesilovače s E1 musí být od sebe odstíněny, stínicí přepážky jsou čárkovaně naznačeny také ve schématu zapojení na obr. 98. Oba systémy dvojité triody jsou od sebe odstíněny i v samotné baňce elektronky PCC88 a stínění je přivedeno na kolíček *9* novalové patice. Kontakt *9* na objímce musí být uzemněn ohnutím vývodu z objímky a jeho připájením k chassis. V přepážkách musí být provrtány díry pro průchozí vodiče nebo do přepážek zapájíme bezkapacitní průchodky. Ty jsou použity i u anténního vstupu na cívku L1, výstupu mf u kondenzátoru C25 a u měřicího bodu MB u směšovače na rezistoru R6. Takové průchodky získáme z rozebraného plochého tranzistorového TV kanálového voliče z tranzistorových typů TVP s předvolbou.

Průchodkové kondenzátory pro přívod anodového napětí (C24, C7, C23) jsou vhodné typu s maticí na provozní napětí aspoň 250 V, jejich kapacita může být 1 až 2,2 nF. Kondenzátory, které blokují katodu E1a, řídicí mřížku E1b, žhavení, AVC a studený konec cívky L5 jsou pájecí průchodkové kondenzátory TESLA typu TK 564. Průchodkové kondenzátory u vývodů objímek elektronek umístíme co nejblíže k příslušnému vývodu a páskové vývody objímky k nim ohneme a připájíme. Průměry děr pro průchodkové kondenzátory nejsou na výkresu obr. 99 uvedeny, záleží na konkrétních typech součástek, které budeme do této jednotky osazovat.

Cívky L1 až L7 jsou navinuty na bakelitových cívkových těliskách o průměru 5 mm se závitem pro jádro M4. Nejlepší jsou cívková tělíska typu „botička", která mají patku pro přichycení šroubkem M3 na chassis.

Cívka mf obvodu L8 může být na libovolném větším tělísku o vnějším průměru 5 mm s krytem. Autor použil nějakou bakelitovou cívku z OMF zesilovače z televizoru typu Ametyst, Azurit apod. Cívka se stínicím krytem je přichycena k chassis jednotky ocelovým pérovým drátem.

Cívka L1 má 2 x 1,5 závitu měděného lakovaného drátu o průměru 0,25 mm bifilárně mezi závity cívky L2 u jejího studeného konce.

Cívka L2 má 7 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,8 mm, mezera mezi závity je maximálně 0,5 mm, odbočka je na 4. závitu od studeného konce. Studený konec je u patky tělíska. V cívce je feritové jádro M4x8 z hmoty N01P (fialové)

Cívka L3 má 15 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,5 mm, vinutí je bez mezer mezi závity. V cívce je feritové jádro M4x8 z hmoty N01 (červené) nebo N01P (fialové).

Cívka L4 má 10 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,5 mm. V cívce je feritové jádro M4x8 z hmoty N01 (červené) nebo N01P (fialové).

Cívka L5 = L6 = L7 má 7 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,8 mm, mezera mezi závity je maximálně 0,5 mm. V cívce je feritové jádro M4x8 z hmoty N01P (fialové)

Cívka L8 z mf transformátoru MFT1a má 35 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,25 mm. Vinutí je válcové těsné, začátek a konec vinutí je přivázán k cívkovému tělísku režnou nití. V cívce je feritové jádro M4x8 nebo M4x12 z hmoty N05 (modré).

Jednotlivé součástky mají v konstrukci vzduchovou montáž. Umístění všech součástek je rozkresleno na zapojovacím plánku na obr. 100, který je nakreslen při pohledu zespodu do otevřené jednotky.

V provozu musí být celá jednotka včetně elektronek uzavřena stínicím krytem. Přívody žhavicího a anodového napětí atd. jsou připojeny shora na průchodky a průchodkové kondenzátory.

Rotor ladicího kondenzátoru je umístěn na kuličkových ložiskách z obou stran a při výrobě byl pečlivě vystředěn. Jednotlivé sekce jsou od sebe odstíněny, v místě stínicích přepážek (jejich původní části v těchto místech zůstaly) je postříbřená pérová podložka, která je z boku připájena k chassis a zajišťuje dobré uzemnění rotoru kondenzátoru.

Při pájení na trimrech, které drží statory ladicího kondenzátoru, je třeba dodržet zvýšenou opatrnost, abychom přílišným prohřátím stator neuvolnili. Jeho zpětné připájení a vystředění s rotorem je obtížné.

Podle popsaného postupu autor sestavil celkem dva identické kusy této vstupní jednotky, první model použil do renovovaného radiopřijímače Hymnus místo původní variometrem laděné jednotky VKV pro pásmo OIRT s elektronkou ECC85, druhý kus slouží v popsaném tuneru.

Konstrukce jednotky je zřejmá i z fotografií na obálce tohoto čísla časopisu.

Celá jednotka je boční stěnou pod ladicím kondenzátorem přišroubována k základnímu chassis mf zesilovače a napájecího zdroje (elektronky vstupní jednotky jsou vodorovně).

Celou mechanickou konstrukci je možné realizovat i jinak při dodržení výše uvedených zásad. Je možné použít i jiný typ ladicího kondenzátoru, který je možné umístit i vně základního chassis shora ze strany elektronek apod.

K ladění nejsou v žádném případě vhodné varikapy!

9.2. Mf zesilovač a demodulátor

Celkové zapojení mf zesilovače s demodulátorem FM je na obr. 101.

Mf zesilovač je třístupňový s pentodami E3, E4 a E5.

Poslední stupeň s E5 je zapojen jako omezovač, ale při nejslabším signálu také zesiluje. V anodovém obvodu omezovače je zapojen poměrový detektor PD s dvojitou detekční diodou E6 typu EAA91.

Jednotlivé stupně jsou za sebou vázány mezifrekvenčními transformátory MFT1, MFT2 a MFT3, které vytvářejí celkovou selektivitu přijímače. Provozní šířka pásma celého mf zesilovače je asi 200 až 220 kHz. S ohledem na stabilitu naladění místního oscilátoru ve vstupní jednotce není vhodné pásmo více zužovat.

V mf zesilovači je dále obvod AVC pro řízení zesílení elektronky E3 a obvod tzv. zpožděného AVC pro řízení zisku vf zesilovače ve vstupní jednotce. Zesílení se řídí proto, aby se obvody přijímače nepřebudily silným signálem, což by mělo za následek deformaci přenosové charakteristiky celého mf zesilovače.

Mf signál ze směšovače přichází na mřížku prvního stupně mf zesilovače s řízenou pentodou E3 přes tříobvodovou pásmovou propust s rezonančními obvody L8, C26, L9, C33 a L10, C34.

Propust je z konstrukčních i praktických důvodů rozdělena na dvě části, první část se součástkami L8, C26 (MFT1a) je součástí vstupní jednotky, zbylé dva obvody (MFT1b) jsou na chassis mf zesilovače. Mf signál z obvodu s cívkou L8 ze vstupní jednotky je na druhý rezonanční obvod v mf zesilovači navázán nízkoimpedanční proudovou kapacitní vazbou přes kondenzátory C25 a C31, jejichž kapacita určuje velikost vazby na obvod L9, C33. Třetí rezonanční obvod je také navázán proudovou vazbou, a to přes kondenzátor C32. Tyto tři vázané rezonanční obvody mají při správném nastavení šířku pásma asi 220 kHz a jejich výsledná kmitočtová charakteristika má tři vrcholy.

Odfiltrovaný mf signál přichází přes vazební kondenzátor C35 na mřížku prvního stupně s E3.

Na této pozici je použita pentoda EF183, která je určena pro řízené mf zesilovače s AVC. Byla vyvinuta pro mf zesilovače na kmitočtu 38 MHz v TV přijímačích. Elektronka má velkou strmost (12,5 mA/V) a na mf kmitočtu 10,7 MHz má velké zesílení. Výrobce doporučuje základní pracovní bod s U_a = 200 V, I_a = 12 mA, U_{g2} = 90 V a U_{g1} = -2 V. V zesilovačích OMF v TV přijímačích se EF183 napájela z anodového zdroje o napětí asi 180 V. V obvodech komerčních rozhlasových přijímačů se tato elektronka nepoužívala.

Základní předpětí první mřížky o velikosti přibližně U_{g1} = -2 V je při nulovém napětí AVC nastaveno rezistorem R17 v katodě, který je pro vf signál blokován kondenzátorem C37. Regulační napětí AVC přichází na mřížku přes rezistory R15 a R16 z omezovače (viz dále). Napětím AVC se zmenšuje provozní strmost pentody až na asi 0,6 mA/V při napětí U_{g1} = -9.5 V.

V anodovém obvodu E3 je primární rezonanční obvod se součástkami L11, L12 a C40 mf transformátoru MFT2. Neutralizace kapacit elektronky je provedena zapojením blokovacího kondenzátoru C39 na stínicí mřížku a jejím vf uzemněním kondenzátorem C38. Stínicí mřížka je napájena přes srážecí rezistor R18. Rezistor R20 je oddělovací

a zamezuje pronikání vf signálu do napájecího vedení.

Cívka L12 je vazební. Zprostředkuje indukční vazbu na sekundární rezonanční obvod L13, C43. Primární obvod je mírně zatlumen rezistorem R19, který zmenšuje provozní jakost obvodu. Výstupní impedance v anodě E3 je vysoká a nezatlumený rezonanční obvod by měl příliš úzké pásmo propustnosti a nebylo by možné propust MFT2 správně naladit. Navíc by se obvod příliš rozlaďoval při změnách pracovního bodu elektronky E3 při regulaci AVC.

Sekundární rezonanční obvod L13, C43 je připojen přímo na mřížku druhého stupně mf zesilovače s E4.

Druhý stupeň je osazen univerzální vf (resp. mf) pentodou EF80. Její provozní strmost je kolem 7 mA/V při $U_a = U_{g2}$ = asi 180 V a I_a = 10 mA.

V použitém zapojení se z důvodu stability zesilovače a celkové stability zesílení celého mf zesilovače ve vztahu ke změnám parametrů elektronek při jejich provozu a stárnutí nevyužívá maximální zesílení. Zesílení je zmenšeno srážecím rezistorem R26 ve stinící mřížce.

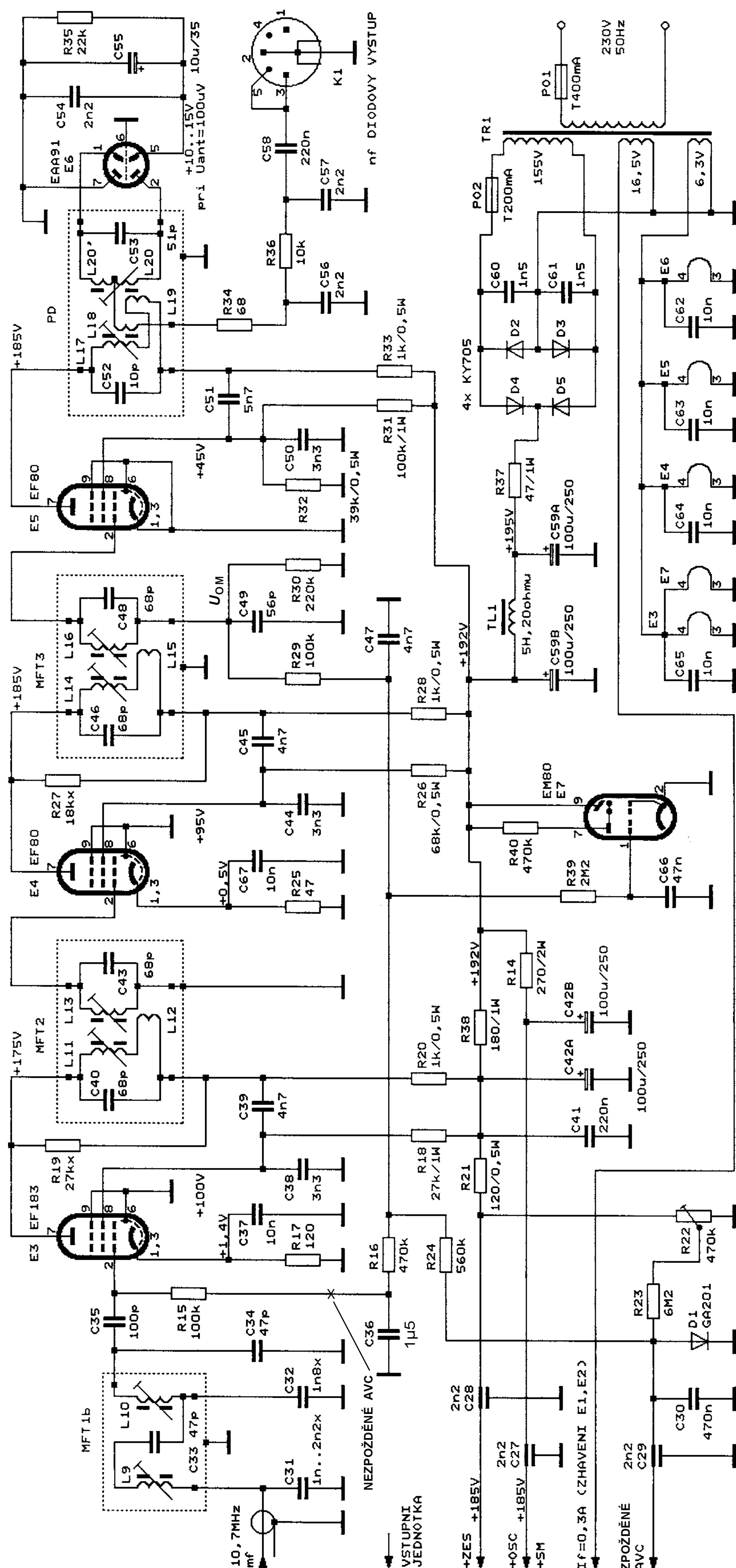
V anodě E4 je primární rezonanční obvod třetího mf transformátoru MFT3, který je zapojen shodně jako MFT2. Opět je využito vlastností neutralizačního můstku s kondenzátory C45 a C44 v obvodu stinící mřížky.

Sekundární rezonanční obvod L16, C48 mf transformátoru MFT3 je připojen na poslední stupeň - omezovač parazitní amplitudové modulace s E5.

Jeho činnost byla podrobně popsána v předchozí teoretické části. Je použita elektronka EF80, napětí na stinící mřížce je zmenšeno děličem R31, R32 na 45 V, v obvodu řídicí mřížky je článek *RC* se součástkami R30, C49. Na R30 vzniká činností omezovače (resp. působením mřížkové detekce mf signálu z L16) záporné napětí U_{OM}, ze kterého se odvozuje regulační napětí AVC. Napětí U_{OM} se též využívá pro indikaci naladění s tzv. magickým okem.

Napětí U_{OM} na R30 je úměrné velikosti mf signálu přiváděného na omezovač. Napětí nezpožděného AVC se z U_{OM} odvozuje integračním článkem R29, C47, který z U_{OM} odstraňuje vf složku, a dolní propustí se součástkami C36 a R16, která určuje časovou konstantu regulační smyčky nezpožděného AVC. Napětí nezpožděného AVC se přes rezistor R15 zavádí na řídicí mřížku E3 v prvním stupni mf zesilovače.

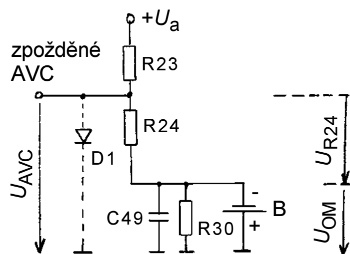
Důležitým úkolem dolní propusti C36, R16 je též potlačovat nežádoucí nf složku napětí AVC, která vzniká demodulací parazitní amplitudové modulace mf signálu omezovačem. Tato nf složka by v elektronce E3 amplitudově modulovala mf signál a vznikalo by výrazné zkreslení, popř. by se mohla celá regulační smyčka AVC rozkmitat. Takto nezpožděné AVC reaguje pouze na změny (přibližně) střední hodnoty napětí mf signálu a zamezuje



Obr. 101. Mf zesilovač s demodulátorem fm rozhlasového přijímače VKV FM

přebuzení celého mf zesilovače silným signálem.

V obvodu AVC jsou dále zapojeny rezistory R24, R23, R22 a dioda D1, které vytvářejí napětí tzv. zpožděného AVC. Zpožděným AVC se řídí zisk prvního stupně vf zesilovače ve vstupní jednotce. Zesílení vf zesilovače totiž není vhodné zmenšovat už při příjmu slabého a středně silného signálu. Zhoršilo by se tak šumové číslo přijímače a i při příjmu středně silného signálu by se objevil v reprodukci zvětšený šum. Proto musí být vhodným zapojením zajištěno, aby při narůstání velikosti vstupního signálu bylo celkové



$U_{AVC} = U_{OM} + U_a{\cdot}R24/(R23 + R24)$ [V; Ω]

Obr. 102. Obvod zpožděného AVC

zesílení přijímače zmenšováno nejprve v mf zesilovači a teprve až při určité velikosti napětí vf signálu z antény se začal zmenšovat zisk i ve vstupním vf zesilovači.

Kromě toho, že se regulací zisku vf zesilovače zabraňuje přebuzení mf zesilovače, je regulace zisku vf zesilovače důležitá i proto, že při silném a extrémně silném signálu by bez regulace byla narušena funkce směšovače, popř. by mohl být strháván nebo parazitně modulován oscilátor.

Pro pochopení funkce zpožděného AVC a funkce diody D1 se podívejme na obr. 102. Na schématu je znázorněn odporový dělič z rezistorů R23 a R24. Dále je v zapojení baterie B, která vyjadřuje napětí U_{OM} na rezistoru R30.

Předpokládejme, že vnitřní odpor omezovače, tj. baterie B i rezistoru R30, je podstatně menší než velikost odporů rezistorů děliče R23 a R24, takže jej můžeme zanedbat. Dioda D1 zatím není připojena a přijímač nemá žádný signál, takže na omezovači není žádné napětí. V bodě zpožděné AVC bude za tohoto předpokladu kladné napětí U_{AVC} z odporového děliče R23, R24:

$$U_{AVC} = U_a{\cdot}R24/(R24 + R23) \quad [V; \Omega].$$

Přivedeme-li na omezovač mf signál, baterie B začne dodávat na rezistor R24 záporné napětí U_{OM} a výsledné napětí v bodě zpožděné AVC bude dáno součtem napětí z této baterie a původního napětí z děliče R23, R24. Platí:

$$U_{AVC} = U_{OM} + U_a{\cdot}R24/(R24 + R23) \quad [V; \Omega].$$

Napětí z odporového děliče R23, R24 je vždy kladné a proti němu působí záporné napětí U_{OM} z omezovače. Až při určité velikosti signálu se obě napětí vyrovnají a v bodě zpožděné AVC se začne při dalším zvětšování vstupního signálu přijímače objevovat záporné napětí, kterým se začne znenšovat zesílení elektronky vf zesilovače.

V situaci, kdy je přijímán jen slabý nebo žádný signál, je však nežádoucí, aby bylo v bodě zpožděné AVC, resp. na mřížce první triody E1a vf zesilovače, kladné napětí. To by zcela narušilo pracovní bod E1a a vf zesilovač by nepracoval. Proto se připojuje ještě dioda D1 pólovaná v propustném směru pro kladné napětí. Dioda bude otevřena, pokud bude v bodě zpožděné AVC kladné napětí a zkratuje jej na zem. V bodě zpožděné AVC tak zůstane pouze malé kladné prahové napětí asi 0,3 V germaniové diody, které neovlivní nežádoucím způsobem pracovní bod vstupní elektronky. Když se při silnějším vstupním signálu přijímače stane napětí zpožděného AVC záporným, dioda se uzavře a zpožděné AVC nasadí regulaci.

Aby bylo možné práh regulace zpožděného AVC správně nastavit, je odporový dělič R23, R24 připojen na běžec potenciometru R22, kterým se mění napájecí napětí děliče. Tím se mění klidové kladné napětí ve středu děliče a nastavuje se tak požadovaná velikost záporného napětí U_{OM}, kterým se musí kladné napětí ze středu děliče vykompenzovat, aby nasadila zpožděná regulace AVC pro vstupní zesilovač. Kondenzátor C30 určuje dlouhou časovou konstantu regulační smyčky a má velkou kapacitu 470 nF.

V anodovém obvodu elektronky E5 je poměrový detektor PD. Je zapojen na dvouobvodové pásmové propusti L17, C52 a L20, C53 s indukční vazbou z primárního na sekundární obvod cívku L19. Na rozdělené vinutí sekundární cívky L20 je připojena dvojitá dioda E6 typu EAA91. Tento typ dvojité diody je identický s typem 6B32.

Poměrový detektor je v nesymetrickém zapojení, záporný pól elektrolytického kondenzátoru C55 je uzemněn.

Demodulované nf napětí se odebírá z vazebního vinutí L18 přes rezistor R34, který kompenzuje fázovou chybu. Kondenzátor C56 potlačuje zbytky mf signálu, součástky R36 a C57 tvoří článek *RC* deemfáze. Nf signál je vyveden na pětikolíkovou nf zásuvku DIN (K1) přes vazební kondenzátor C58.

Výstupní napětí nf signálu je asi 300 až 500 mV. Vstupní odpor nf zesilovače, který se připojuje k nf výstupu, má být alespoň 100 kΩ.

9.3. Napájecí zdroj a indikátor naladění

Celý tuner je napájen z nestabilizovaného síťového zdroje s transformátorem TR1.

Transformátor musí dodávat žhavicí napětí 6,3 V pro elektronky v mf zesilovači, které jsou žhaveny paralelně. Vinutí 6,3 V musí být dimenzováno na zátěž alespoň 1,5 A. Obvod paralelního žhavení je jedním pólem uzemněn na chassis. Živý pól žhavení musí být u každé objímky elektronek E3 až E6 zablokován keramickým kondenzátorem o kapacitě asi 10 nF, aby se zamezilo nežádoucímu šíření vf signálu po přívodech žhavicího napětí.

Další žhavicí vinutí má napětí asi 16,5 V a dodává proud 0,3 A pro sériově žhavené elektronky E1 a E2 řady P ve vstupní jednotce. Elektronka PCC88 má žhavicí napětí asi 7 V, PCF82 potřebuje 9,5 V. Žhavicí vlákna obou elektronek jsou spojena do série.

Máme-li do vstupní jednotky elektronky řady E typu ECC88 a ECF82, pak může být celý tuner žhaven paralelně. Obě řady elektronek jsou z hlediska dalších parametrů zcela identické.

Typ ECC88 však není zaměnitelný s typem E88CC! Oba typy mají odlišnou konstrukci, elektronka E88CC byla původně vyvinuta pro zesilovače VHF pro společné antény, u kterých byla požadavkem velká životnost. E88CC musí mít jiný pracovní bod, na řídicí mřížce první triody musí být kladné napětí +9 V vytvořené dalším pomocným děličem. E88CC má odlišné kapacity systému a vyžaduje přesné nastavení pracovního bodu.

Další vinutí transformátoru dodává střídavé napětí asi 155 až 160 V pro usměrňovač anodového napětí. Střídavé napětí je usměrněno můstkovým usměrňovačem s diodami D2, D3, D4 a D5. Diody lze použít staršího typu KY705 nebo KY130/900 nebo jakéhokoliv novějšího typu pro jmenovitý proud alespoň 0,3 A do kapacitní zátěže při efektivním vstupním střídavém napětí 250 V (např. 1N4007). Usměrněné napětí je filtrováno dvojitým elektrolytickým kondenzátorem C59 a tlumivkou TL1.

Zdroj anodového napětí musí dodávat napětí asi 190 V a musí být dostatečně tvrdý, aby se napětí příliš neměnilo v závislosti na odebíraném proudu. Proud elektronek E1, E3 a E5 se totiž značně mění s regulací AVC v závislosti na síle vstupního signálu.

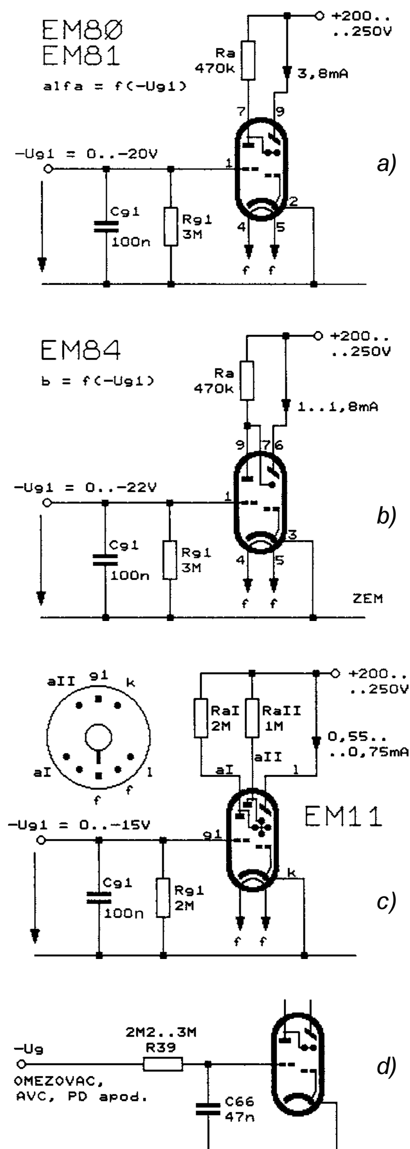
Proto byla ve filtru zdroje anodového napětí použita tlumivka, která výborně potlačuje síťové zvlnění a má jen nepatrný činný odpor, takže je na ní jen malý úbytek ss napětí. Použitá tlumivka má indukčnost asi 5 H a činný odpor 20 Ω. Rezistor R37 omezuje při zapnutí zdroje náraz proudu do vybitých filtračních kondenzátorů.

Z kondenzátoru C59B jsou vyvedeny dvě napájecí větve. První větev dodává napájecí napětí pro celý mf zesilovač a pro vf kaskádní zesilovač s E1, druhá větev je pro oscilátor a směšovač s elektronkou E2. Přímo na kondenzátor C59B jsou připojeny stupně s elektronkami E4 a E5. Napětí pro první mf zesilovač je odděleno z první větve rezistorem R38 a je filtrováno kondenzátorem C42A. Z kondenzátoru C42A je přes rezistory R21 a R5 napájena i E1 vf zesilovače.

Anodové napětí pro směšovač a oscilátor je ve druhé větvi filtrováno součástkami R14 a C42B. Filtrace je důležitá proto, aby nebyl oscilátor modulován síťovým brumem, který by se přenášel do demodulovaného nf signálu.

Oscilátor s triodovou částí E2 je velmi stabilní a při změně napájecího napětí se jeho kmitočet mění jen nepatrně. Proto se jakákoliv stabilizace anodového napájecího napětí oscilátoru (např. doutnavkovým stabilizátorem) ukázala zbytečnou.

V realizovaném zdroji se v celém regulačním rozsahu proudů zesilovacích elektronek vlivem působení AVC změní napětí na kondenzátoru C59b jen asi o 3 V.



Obr. 103. Základní zapojení elektronických indikátorů vyladění: a) typu EM80 a EM81, b) typu EM84, c) typu EM11 - pohled na patici zespodu, d) připojení indikátoru v přijímači

Napětí uvedená ve schématu byla změřena bez vstupního signálu ručkovým voltmetrem s vlastní spotřebou 60 µA pro plnou výchylku. Uvedená napětí jsou doporučená pro optimální činnost všech elektronek v přijímači. Elektronky budou spolehlivě pracovat i při vyšším napětí na svých anodách. Anodové napětí by však nemělo převýšit asi 200 V. Proudy elektronkami kontrolujeme měřením napětí na katodových rezistorech.

Ke kondenzátoru C47 je připojen ještě elektronický indikátor vyladění (magické oko) E7. V závislosti na úrovni vstupního přijímaného signálu z antény se podle typu použitého indikátoru vychýlí zelený úsek výsečí na jeho stínítku. Řídicí mřížka g_1 indikátoru musí být k C47 připojena přes rezistor R39 o velkém odporu (2 až 3 MΩ) - obr. 103d.

Na obr. 103a až obr. 103c jsou zakreslena zapojení různých typů indikátorů, které se liší provedením stínítka. Výseče se u všech typů vychylují vždy po přivedení záporného napětí na řídicí mřížku. U EM80 se zvětšuje úhel zelené výseče uprostřed stínítka, u EM81 se naopak stažením postranních výsečí zmenšuje neosvětlený úhel uprostřed stínítka, EM 84 má obdélníkové stínítko podobné bargrafu, zelené výseče se vychylují z obou stran a vytvářejí uprostřed neosvětlenou štěrbinu. Indikátor EM11 má kruhové stínítko se čtyřmi zelenými trojúhelníky uspořádanými do tvaru kříže. Změnami anodových odporů je u typu EM11 možné měnit poměry ploch u obou dvojic zobrazených trojúhelníků.

Pokud chceme v tuneru použít starší elektronky z rozebraných televizorů, pak doporučuji jejich charakteristické vlastnosti proměřit podle údajů uvedených v katalogu. Týká se to především elektronek EF80, EF183 a PCC88.

Na anodu a stínicí mřížku elektronky EF80 připojíme napětí přesně 200 V, do katody zapojíme rezistor o odporu 200 Ω a mřížky g_1 a g_3 uzemníme. Elektronkou musí téci proud kolem 10 mA.

Elektronku EF183 měříme za stejných podmínek, do stínicí mřížky však musíme zařadit rezistor o odporu 24 kΩ. U dobré elektronky bude anodou téci proud asi 12 mA.

Elektronky PCC88 proměříme přímo v kaskádním zesilovači ve vstupní jednotce. Měříme anodový proud (má být asi 15 mA) a napětí na katodě (má být asi 1,5 V).

Elektronkami, které již mají opotřebovanou katodu, poteče menší anodový proud a takové elektronky budou mít menší zesílení.

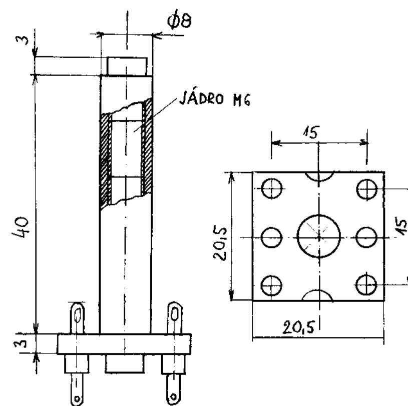
V tuneru musíme použít bezchybné elektronky, které vykazují jmenovité charakteristické parametry při jmenovitých napětích a proudech.

9.4. Konstrukce tuneru

Celý mf zesilovač, resp. celý tuner včetně síťového transformátoru, je sestaven na plechovém chassis z hliníkového nebo ocelového plechu o tloušťce asi 1 až 1,5 mm. Šířka chassis může být asi 130 mm, délka je 280 mm. Hloubka pro umístění součástek pod chassis je asi 30 mm.

Rozmístění součástek není kritické, je nutné respektovat zásady pro montáž vf obvodů. Objímky elektronek a mf transformátory rozmístíme za sebou ve směru postupu zesilovaného signálu.

Je nutné odstínit všechny součástky poměrového detektoru včetně elektronky E6. Mezi jednotlivými mf stupni jsou přes vývody objímek připájeny přepážky z pocínovaného ocelového plechu. Součástky připojené na řídicí mřížku E3 včetně všech kondenzátorů u pásmové propusti MFT1 je třeba také dobře odstínit od ostatních částí mf zesilovače. Takovou mechanickou konstrukcí dobře zamezíme vzniku nežádoucích vazeb mezi jednotlivými stupni a mf zesilovač bude stabilní a bude možné obvody snadno nastavit. Roz-



Obr. 104. Cívkové tělísko, na které jsou navinuty mf transformátory a poměrový detektor

místění součástek je zřejmé z fotografií na obálce tohoto čísla časopisu.

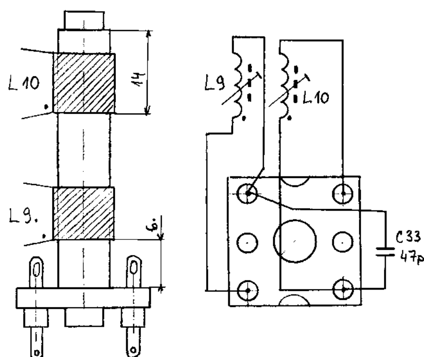
Pod chassis umístíme ještě pertinaxové destičky s pájecími očky pro montáž součástek, které nejsou přímo připojeny k objímkám elektronek. Objímky elektronek natočíme tak, aby spoje od mf transformátorů k řídicím mřížkám (kolíček *2* novalové patice) a k anodám (kolíček *7* novalové patice) byly co nejkratší. Kondenzátory, které blokují katody, žhavení a stínicí mřížky elektronek musí být propojeny co nejkratšími vývody k objímce i na chassis, jinak se bude nežádoucími cestami šířit vf signál a mf zesilovač bude náchylný k rozkmitání a nepůjde naladit.

Důležitou součástkou s nejpracnější výrobou jsou mf transformátory. Autor použil bakelitová cívková tělíska o průměru 8 mm se stínicím krytem čtvercového půdorysu o rozměrech 22x22 mm. Mf transformátory s takovými tělísky se používaly v televizorech z padesátých a začátku šedesátých let a v rozhlasových přijímačích. V tělíscích je feritové dolaďovací jádro o průměru 6 mm s jemným závitem, délka jádra je asi 10 až 16 mm. Vykres tělíska je na obr. 104.

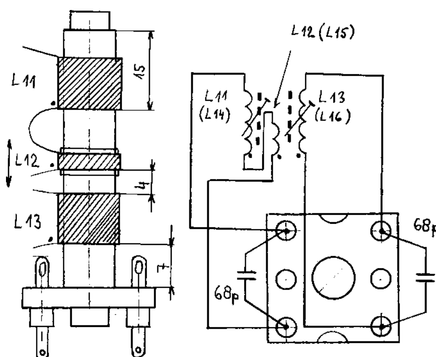
Protože vinutí a jádra v cívkových tělíscích mohou mít různou jakost, bylo by velmi obtížné přesně určit vzdálenost mezi primárními a sekundárními cívkami pro dosažení požadované vazby mezi nimi.

Aby bylo možné vazbu přesně definovat, jsou hlavní primární a sekundární cívky navinuty co nejdále od sebe (sekundární L13, L16, L20 jsou navinuty u patky tělíska a primární L11, L14, L18 jsou nahoře), takže jejich vazba společným magnetickým polem je malá, a k jejich navázání jsou použity vazební cívky (L12, L15, L19) zapojené do série s hlavními primárními cívkami (takto jsou provedeny MFT2 , MFT3 a PD).

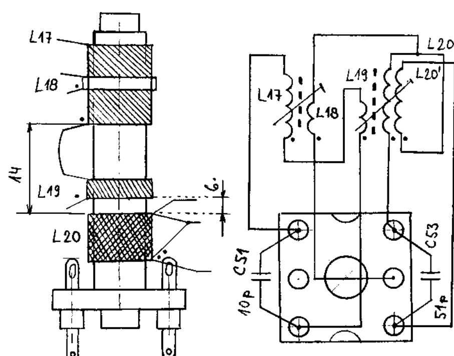
Vazební cívky jsou navinuty na posuvném prstýnku z polypropylénu nebo tenkého papíru a jsou umístěny mezi primárními a sekundárními cívkami. Při slaďování mf transformátorů můžeme posouváním vazebních cívek snadno nastavit optimální velikost vazby mezi primárními a sekundárními rezonančními obvody.



Obr. 105a. Vinutí cívek L9 a L10 mf transformátoru MFT1b



Obr. 105b. Vinutí cívek L11 až L13 a L14 až L16 mf transformátorů MFT2 a MFT3



Obr. 105c. Vinutí cívek L17 až L20 poměrového detektoru

Provedení cívek L9 až L20 mf transformátorů a poměrového detektoru tuneru je na obr. 105a až obr. 105c. Vinutí cívek jsou válcová těsná. Vývody začátků a konců hlavních cívek (L9, L10, L11, L13 atd.) jsou zajištěny nití. Vinutí nelze zajitit voskem, ten by se mohl vlivem tepla od elektronek rozehřát a vinutí by se uvolnilo.

Cívky musí být navinuty stejným směrem a musí být správně zapojen začátek i konec vinutí. Začátky vinutí jsou tzv. studené konce (spojené se zemí, blokovacími kondenzátory, stínicími mřížkami apod.), konce vinutí tvoří tzv. živé konce a jsou připojeny k anodám nebo řídicím mřížkám. U popisovaných mf transformátorů se parazitní kapacita mezi živými konci obou hlavních cívek odečítá od vazby tvořené společným magnetickým polem.

Při navíjení cívek poměrového detektoru je třeba vazební cívku L18, která je umístěna uprostřed anodového vinutí L17, navinout na izolační papírový prstýnek - izolace mezi vinutími musí vydržet ss napětí alespoň 250 V!

Cívky L9 až L19 jsou navinuty měděným lakovaným drátem o průměru 0,25 mm.

Cívka L9 má 24 závitů.

Cívka L10 má 22 závitů.

Cívka L11 = L14 má 14 závitů.

Cívka L12 = L15 má 4 závity, vinutí je na posuvném papírovém prstýnku.

Cívka L13 = L16 má 15 závitů.

Cívka L17 má 35 závitů.

Cívka L18 10 závitů, vinutí je na izolačním prstýnku uprostřed na L17.

Cívka L19 má 10 závitů, vinutí je na posuvném papírovém prstýnku.

Cívky L20 a L20' jsou vinuty bifilárně a mají 2x 11 závitů měděného lakovaného drátu o průměru 0,35 mm (nebo vf lanka).

Mf transformátory musí být opatřeny stínicím krytem, nasazením krytu se indukčnost všech cívek zmenší asi o 10 až 15 %. Kryt musí být vodivě spojen s chassis.

Celý mf transformátor je možné přichytit k chassis buď pérovým drátem nebo mosazným pájecím očkem přinýtovaným na dolním okraji krytu, které provlékneme dírou v chassis a po konečném nastavení všech mf transformátorů připájíme.

Keramické blokovací a neutralizační kondenzátory, natož pak kondenzátory v rezonančních obvodech, nesmí být z hmoty Supermit! Všechny kondenzátory doporučuji na provozní ss napětí nejméně 250 V.

U rezistorů je třeba dodržet kromě odporu také minimální zatižitelnost. Ta je ve schématu vyznačena, neoznačené rezistory jsou miniaturní se zatižitelností 0,25 W.

Při zapojování součástek tuneru je nutné mít na zřeteli, že v elektronkovém přístroji jsou všechny impedance vysoké a ke vzniku nežádoucí vazby stačí parazitní kapacita o velikosti desetiny i setin pF.

9.5. Sladění obvodů a uvedení tuneru do provozu

Kvalitní naladění všech obvodů je základním předpokladem správné funkce celého tuneru. K této práci potřebujeme zkušenosti s oživováním vf obvodů a nezbytné jsou měřicí přístroje z klasické radiotechniky. Kromě Avometu (nebo číslicového multimetru) a nf zesilovače potřebujeme k naladění mf a vf generátor do frekvence alespoň 120 MHz s možností modulace AM a FM, dále potřebujeme rozmítač, osciloskop a čítač, popř. jiný přijímač.

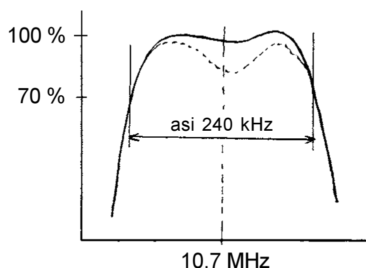
K úplně sestavenému tuneru připojíme napájecí napětí a po nažhavení změříme ss pracovní body elektronek, resp. napětí uvedená ve schématu. Chyba -5 až +10 % od uvedených hodnot není na závadu.

Nejprve přistoupíme k naladění poměrového detektoru. Při připojování přístrojů vždy odpojíme anodové napětí, ale elektronky ponecháme nažhavené. Anodové napětí odpojujeme vyšroubováním pojistky PO2 z držáku Remos. Paralelně k rezistoru R27 připojíme rezistor o odporu 470 Ω, signální generátor s paralelně připojeným rezistorem o odporu 56 nebo 82 Ω připojíme na řídicí mřížku E5. Jádro z cívky L16 vyšroubujeme. Paralelně k rezistoru R35 připojíme dva do série spojené pomocné rezistory, z nichž každý má odpor 100 kΩ. Voltmetr nejprve připojíme na kondenzátor C55.

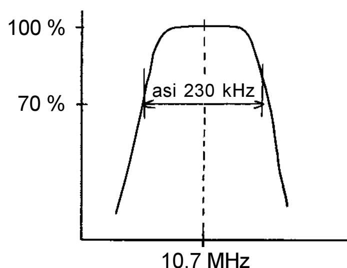
Signální generátor nastavíme na frekvenci 10,7 MHz. Otáčením jádra v cívce L17 nalezneme maximální napětí na C55. Velikost napětí z generátoru nastavíme tak (řádově desítky mV), aby bylo na C55 asi 6 V. Voltmetr nyní zapojíme jedním pólem na střed pomocných rezistorů a druhým pólem na C56. Otáčením jádra v cívce L20 hledáme polohu, ve které napětí projde nulou. Ladění musí být v této poloze ostré. Nastavíme nulové napětí. Voltmetr připojíme znovu na C55 a rozlaďujeme frekvenci signálního generároru na obě strany od frekvence 10,7 MHz. Sledujeme napětí na C55. Při správné velikosti vzájemné vazby mezi obvody s L17 a L20 by mělo být napětí na C55 konstantní v rozmezí kmitočtů ±100 až ±150 kHz. Je-li šířka pásma přenosu příliš malá, je třeba zvětšit vazbu přiblížením cívky L19 k L20. Pokud jsou dva rezonanční vrcholy, pak je příliš velká vazba cívkou L19, kterou musíme od cívky L20 oddálit. Optimální vazba je kritická (tj. $k \cdot Q = 1$), při které je vrchol přenosové charakteristiky plochý.

Po tomto hrubém předladění odpojíme voltmetr, generátor přepneme na FM modulaci s tónem 1 kHz a osciloskop připojíme na diodový výstup. Sledujeme detekovaný signál a jádry cívek L20 a L17 nastavíme největší amplitudu a nejmenší zkreslení nf signálu na osciloskopu. Jádra jsou v cívkách zajištěna gumičkou.

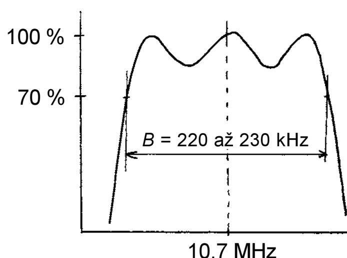
Nyní přistoupíme ke slaďování mf zesilovače. Mf rozmítač paralelně se jmenovitým zatěžovacím odporem připojíme na mřížku E4 a primární rezonanční obvod mf transformátoru MFT2 zatlumíme odporem 470 Ω. Na C47 připojíme osciloskop pro sledování přenosové charakteristiky. Osciloskop připojíme bez detekční sondy, detekci zajišťuje mřížková detekce omezovače. Na stínítku obrazovky osciloskopu se objeví přenosová charakteristika propusti MFT3 (detekované napětí je záporné, křivka se zobrazí „vzhůru nohama“). Obvody L14 a L16 nastavíme tak, aby propust měla dva vrcholy s malým prosedláním uprostřed (1 až 2 dB), šířka pásma pro pokles 3 dB na bocích má být asi 230 až 250 kHz. Typický průběh přenosové charakteristiky je na obr. 106a. Konečnou jakost primárního vinutí upravíme zkusmo změnou odporu rezistoru R27. Málo zatlumený obvod bude vykazovat ostré ladění a charakteristiku s výraznými vrcholy a velkým prosedláním uprostřed a bude mít malou šířku pásma. Pokud



Obr. 106a. Typický průběh přenosové charakteristiky mf transformátoru MFT3



Obr. 106b. Typický průběh přenosové charakteristiky mf transformátoru MFT2



Obr. 106c. Typický průběh přenosové charakteristiky mf transformátoru MFT1

bude šířka pásma velká, zmenšíme vazbu oddálením cívky L15 od cívky L16 a naladění opakujeme.

Při slaďování druhé mf propusti MFT2 připojíme rozmítač na řídicí mřížku E3 a odpojíme C35. Slaďujeme MFT2 tak, aby celková měřená charakteristika měla přibližně plochý průběh se šířkou přenosu pro pokles na 70 % asi 230 kHz. Průběh by neměl mít dva vrcholy (obr. 106b).

Pro slaďování vstupní pásmové propusti MFT1 s L8, L9 a L10 připojíme detekční sondu s velkou vstupní impedancí na anodu E3 přes kondenzátor 10 nF/250 V a zatlumíme primární rezonanční obvod mf transformátoru MFT2 odporem 2,2 kΩ a sekundární rezonanční obvod odporem 470 Ω. Rozmítač s přizpůsobenou zátěží připojíme na řídicí mřížku pentody v E2 přes kondenzátor o kapacitě asi 22 pF. Sledujeme průběh přenosu první mf pásmové propusti. Při správném naladění má tento průběh tři vrcholy se sedly o hloubce do 3 dB (viz obr. 106c). V některých případech se může stát, že vrchol odpovídající ladění cívky L9 případně L10 je větší a výraznější. Pak tuto cívku mírně zatlumíme odporem několika desítek kΩ, popř. upravíme vazbu změnou kapacity kondenzátoru C31 nebo C32. Naladění správného průběhu vyžaduje trochu trpělivosti. Osvědčil se takový postup, že nejprve naladíme symetrický průběh přenosu bez ohledu na šířku pásma tak, aby všechny tři vrcholy byly stejně vysoké, přičemž vazbu upravujeme změnou kapacity jednoho z kondenzátorů C31 nebo C32. Je-li šířka pásma přenosu nesprávná, pak upravíme kapacity obou vazebních kondenzátorů současně, např. připojením paralelního kondenzátoru. Zvětšením kapacity kondenzátoru C31 resp. C32 se vzájemná vazba mezi obvody i výsledná šířka pásma přenosu zmenšuje a naopak.

Odpojíme detekční sondu i tlumící odpory z MFT2 a připojíme osciloskop zpět na C47. Můžeme zkontrolovat celkovou přenosovou charakteristiku mf zesilovače. Charakteristika má být pokud možno plochá, zvlnění by nemělo být větší než 3 dB a šířka pásma by měla být asi 200 až 220 kHz. Některé obvody můžeme ještě jemně doladit.

Po sladění mf zesilovače přikročíme ke sladění vstupní jednotky.

Nejprve zkontrolujeme, zda kmitá oscilátor. Na měřicím bodu MB u směšovače by mělo být záporné napětí asi -1 až -3 V v průběhu celého přeladění otočným kondenzátorem. Je-li mřížkové předpětí nedostatečné, pak je nejspíš opotřebována E2 nebo nekmitá oscilátor. K cívce L7 přiblížíme snímací smyčku na kabelu od vstupu do čítače a měříme kmitočet oscilátoru. Jádrem L7 a trimrem C20 nastavíme základní meze přeladění kmitočtu oscilátoru od asi 97 do 119 MHz. Na bod MB připojíme osciloskop od rozmítače a přepneme jej na střídavý vstup. Na anténní vstup připojíme vf rozmítač přes symetrizační člen 300/75 Ω. Rozmítač nastavíme na pásmo asi 85 až 110 MHz. Kondenzátor C4 zkratujeme, aby AVC nepracovalo. Na osciloskopu se zobrazí průběh kmitočtové charakteristiky vstupního zesilovače. Nastavíme meze přeladění otočným kondenzátorem, přičemž cívku L2 a kondenzátor C2 nastavujeme na největší zesílení zesilovače, dolaďovacími prvky u pásmové propusti L5 a L6 nastavíme optimální průběh přenosu. Šířka pásma přenosu vf zesilovače je asi 2 až 3 MHz, průběh může mít na konci pásma nahoře i dva vrcholy, na nejnižších kmitočtech je naopak vazba v propusti podkritická. Nyní ještě připojíme na bod MB přes kondenzátor o kapacitě asi 100 pF signální generátor s kmitočtem 10,7 MHz. Na zobrazené charakteristice vstupního zesilovače se objeví zázněj vzniklý odečtením kmitočtu generátoru od kmitočtu oscilátoru. Při přelaďování vstupní jednotky se bude tento zázněj posouvat na obě strany přenosové charakteristiky vstupního zesilovače vlivem chyb v souběhu. Dolaďovacími prvky oscilátoru popř. dolaďováním pásmové propusti se snažíme dosáhnout zobrazení značky v propustném pásmu vf zesilovače v celém rozsahu přeladění přijímače. Tím je nastaven souběh.

Po dosažení souběhu nastavíme neutralizaci kaskádního zesilovače. Z měřicího bodu MB odpojíme všechny přístroje, k tuneru připojíme nf zesilovač a na anténní vstup připojíme signální generátor z FM modulací. Nastavíme kmitočet asi 100 MHz a naladíme na něj přijímač. Úroveň signálu z generátoru zmenšíme tak, aby se objevil v reprodukci slyšitelný šum. Změnou indukčnosti cívek L3 a L4 se snažíme nastavit maximální citlivost přijímače. Ladění oběma cívkami je ploché. Citlivost přijímače omezená šumem by měla být asi 5 μV.

Na vstup přijímače přivedeme signál z generátoru s úrovní asi 2 až 5 mV. Voltmetr připojíme na C5 a měříme proud vstupní elektronkou. Odstraníme zkrat na C4 a odporovým trimrem R22 nastavíme práh nasazení AVC, aby napětí na C5 pokleslo. Nastavení prahu zpožděného AVC není kritické, je možné provést nastavení zkusmo při praktickém příjmu signálu z antény.

Tím je slaďování tuneru ukončeno a tuner je připraven k provozu. Po připojení antény bychom měli tunerem bezchybně zachytit programy všech dostupných VKV vysílačů.

9.6. Seznam součástek vstupní jednotky podle obr. 98

rezistory

R1, R6, R8	22 kΩ, TR 212
R2	91 Ω, TR 212
R3, R4	100 kΩ/0,25 W, TR 151, TR 214 , MLT
R5, R11	1 kΩ/0,5 W, TR 214 nebo MLT
R7	220 kΩ, TR 212
R9	10 kΩ/2 W, např. TR 146
R10	3,9 kΩ/0,5 W, TR 214
R12	22 kΩ/1 W, TR 215, TR 216, MLT
R13	27 Ω, TR 212

kondenzárory - keramické , výroba TESLA nebo Keramické kondenzátory a. s., (provozní napětí min. 250 V)

C1, C9 ,C14, C21	kvartál, viz text
C2, C10, C15, C20	trimry, viz text
C3	47 pF, TK 696
C4, C5, C6, C11, C27, C28, C29	1 až 2,2 nF/250 V, průchodkový, pájecí
C7, C23, C24	1 až 1,5 nF/250 V, průchodkový s páskovými vývody, šroubovací
C8, C12	1,5 pF, TK 656
C13	1,5 nF/250 V, TK 666 nebo TK 745 apod.
C16	12 pF, TK 656, TK676, TK 754 apod. nebo šedý trubičkový typ
C17	4,7 nF/250 V, TK 744 nebo trubičkový typ
C18	8,2 pF, TK 656
C19	1pF, TK 656
C22	47 pF/250 V, TK 696 nebo trubičkový typ
C25	3,3 nF/250 V, TK 724 nebo červený trubičkový typ z OMF TVP

C26	15 pF/250 V, TK 676 nebo šedý trubičkový typ

cívky

L1 až L8	viz text

elektronky

E1	PCC88
E2	PCF82

další součástky

bezkapacitní průchodka (4 ks)
novalová keramická objímka se stínícím krytem pro elektronky velikosti „N2“ (2 ks)
upravené chassis z kanálového voliče KTJ s ladicím kvartálem a dolaďovacími trimry 0,5 až 4 pF

9.7. Seznam součástek mf zesilovače podle obr. 101

rezistory

R14	270 Ω/2 W, MLT, TR 146 apod.
R15, R29	100 kΩ, TR 212
R16	470 kΩ, TR 212
R17	120/0,25 W, TR 213, TR 151, MLT
R18	27 kΩ/1 W
R19	27 kΩ, TR 212, viz text
R20, R28, R33	1 kΩ/0,5 W, TR 214 apod.
R21	120 Ω/0,5 W, TR 214, MLT apod.
R22	470kΩ, trimr (např. TP 041)
R23	6,2 MΩ/0,25 nebo 0,5 W, TR 214 , TR 102
R24	560 kΩ, TR 212
R25	47 Ω/0,25 W, TR 213, TR 151, MLT
R26	68 kΩ/0,5 W, TR 214, MLT apod.
R27	18 kΩ, TR 212, viz text
R30	220 kΩ, TR 212
R31	100 kΩ/1 W, MLT, TR 215 apod.
R32	39 kΩ/0,5 W, TR 214 , MLT apod.
R34	68 Ω, TR 212
R35	22 kΩ, TR 212
R36	10 kΩ, TR 212
R37	47 Ω/1 W, MLT nebo drátový
R38	180 Ω/1 W, TR 215 nebo MLT
R39	2,2 MΩ/0,25 W, TR 213 nebo MLT
R40	470 kΩ/0,25 W, TR 213 nebo MLT

kondenzátory

nesmí být typu TK 782 nebo TK 783!!

C27, C28, C29	1,5 až 2,2 nF/250 V, průchodkový s páskovými vývody, šroubovací
C30	470 nF/160 V, svitkový, např. TC 205 apod.
C31	1 až 2,2 nF/100 V, svitkový styroflexový nebo polystyrolový
C32	1,5 až 2,2 nF/100 V, svitkový styroflexový nebo polystyrolový
C33, C34	47 pF, TK 696 apod.
C35	100 pF, TK 755 apod.
C36	1,5 μF/100 V, svitkový, např. TC 205
C37, C67, C62, C63, C64, C65	10 nF/W, TK 744, TK 745 (keramický polštářkový)
C38, C44, C50	3,3 nF/250 V, keramický nebo bezindukční fóliový
C39, C45, C47, C51	4,7nF/250 V, keramický nebo bezindukční fóliový
C40, C43, C46, C48	68 pF, TK 755, TK 795 nebo šedý keramický trubičkový nebo polystyrolový TGL 5155
C41	220 nF/250 V, svitkový, např. TC 206 apod.
C42 , C59	2x 100 μF/350/385 V, dvojitý elektrolytický kondenzátor s maticí pro montáž na chassis
C49	56 pF, TK755, TK 775
C52	10 pF, TK 755, TK 775, TK 754
C53	51 pF (47 až 56 pF), stabilní keramický nebo polystyrolový
C54, C56, C57	2,2 nF, stabilní keramický
C55	10 μF/25 V, miniaturní axiální nebo radiální
C58	220 nF/63 V, svitkový, např. TC205 apod.
C60, C61	1,5 nF/500V, TK 666
C66	47 nF/100 V, svitkový

mf transformátory a poměrový detektor

L9 až L20’	viz text

elektronky a polovodičové součástky

E3	EF183
E4, E5	EF80
E6	EAA91 nebo 6B32
E7	EM80 (EM81, EM84, EM11 apod.)
D1	GA201
D2, D3, D4, D5	KY705 (1N4007)

další součástky

TR1	síťový transformátor, viz text (230 V//155 V/6,3 V/16,5 V)
TL1	tlumivka 2 až 5 H, 100 mA
PO1	T 400 mA (dimenzovat podle použitého transformátoru)
PO2	T 200 mA

pojistkový držák REMOS (2 ks)
nf konektor (zásuvka DIN)
novalová keramická nebo pertinaxová objímka (4 ks)
heptalová objímka se stínicím krytem pro EAA91
chassis pro základní montáž - viz např. fotografie na obálce
pájecí lišty s očky a další mechanické díly podle konkrétního provedení celé konstrukce

O autorovi

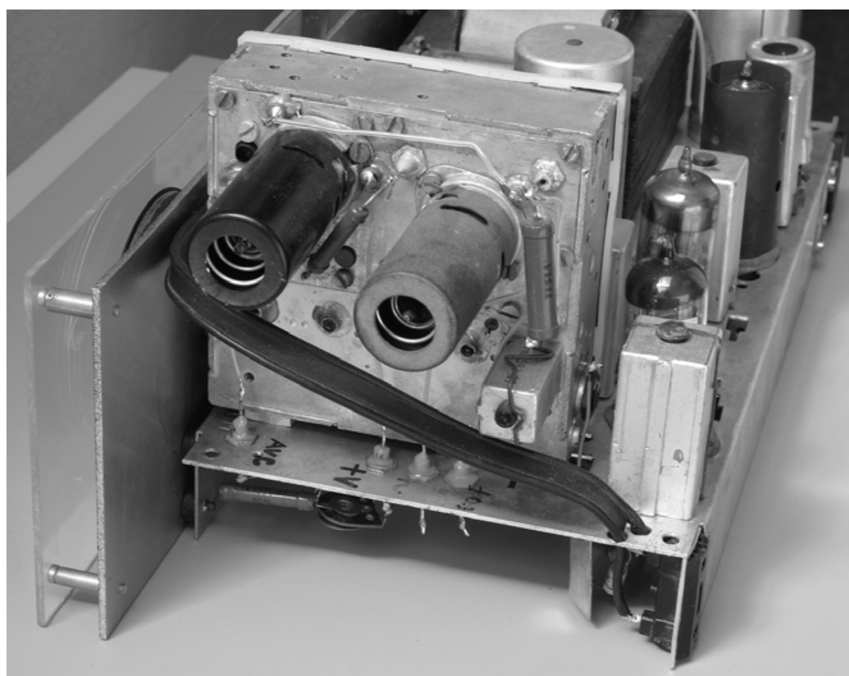
Ing. Jan Šedivý *1966

Vystudoval Elektrotechnickou fakultu ČVUT obor Radiotechnika - obvody a technika velmi vysokých kmitočtů.

Zabývá se servisem a montážemi společných televizních antén a návrhem a konstrukcemi radioelektronických a sdělovacích zařízení pro VKV, UKV a centimetrové vlny.

Specialitou jeho práce je také renovace a oživování historických televizních a rozhlasových přijímačů.

Věcné dotazy a připomínky je možné sdělit autorovi na tel. č.: 241 725 579



Pohled na vstupní jednotku kvalitního elektronkového tuneru VKV

ZPĚTNOVAZEBNÍ PŘIJÍMAČ PRO PÁSMO 7 MHz

Josef Novák, OK2BK

Důvodem k sestrojení a všestrannému testování přijímače byla snaha nabídnout začínajícím zájemcům o radiotechniku a amatérské vysílání nejjednodušší, ale k určenému použití vyhovující, zajímavý a citlivý přijímač. Stejný záměr sledovali mnozí jiní, jejichž publikované zkušenosti jsem po ověření použil. Tímto jim všem děkuji.

Nezvykle podrobný popis většiny obvodů přijímače má posílit samostatnost zatím méně zkušených konstruktérů. Veškeré použité součástky jsou běžně dostupné a pro mladistvé a jejich rodiče také cenově přístupné. Zejména provedení cívek a jejich kostřiček je ponecháno na fantazii zhotovitele.

Konečné seřízení a ověření činnosti přijímače asi nelze uskutečnit bez asistence „profesionála". Mimo multimetru je pro tuto fázi práce nutný i komunikační přijímač (CW). Dostupné GDO je i zde velkým kouzelným pomocníkem.

Přijímač v nezměněném zapojení s upravenými hodnotami součástek může stejně dobře pracovat i na ostatních amatérských pásmech (o tom bude pojednáno někdy příště).

Proč právě pásmo 7 MHz?

Důvod je prostý. Na pásmu 7 MHz je prakticky „nepřetržitý" provoz. Přijímač na pásmo 3,5 MHz, který byl ke stejnému účelu publikován ve Sborníku HOLICE 2002, je technicky dokonalejší, ale přes den je toto pásmo „hluché"! Dalším důvodem je dostatečně jemné ladění v relativně úzkém pásmu 7 MHz, které zajišťuje pohodlný příjem CW i SSB.

Podle stejné koncepce byly také zhotoveny přijímače na pásma 3,5 a 14 MHz. Výsledky jsou dobré. Ale 24 hodinový provoz je i na pásmu 14 MHz dosti vzácný. Zejména proto bylo vybráno k popisu pásmo 7 MHz.

Potíže se zajištěním nerušeného příjmu v pásmu 7 MHz

Kdo používá skutečný komunikační přijímač (selektivní a odolný proti QRM od blízkých a silných nežádoucích signálů), ani si neuvědomuje, že bezprostředně na pásmo 7 MHz navazuje rozhlasové pásmo „41 m" se stakilowattovými vysílači - viz obr. 1. A to je ten problém! Tím se stává příjem v pásmu 7 MHz náročným radiotechnickým oříškem, pokud chceme použít jednoduché zapojení a nekomplikovat je vstupními pásmovými propustmi, odlaďovači apod. Kdo z konstruktérů si bude chtít vyzkoušet jiné řešení vstupního anténního selektivního obvodu, nemá pro to žádnou překážku - vstup popisovaného audionu je k tomu přizpůsoben.

Proč zpětnovazební - audionové - zapojení?

Ani dnes, v digitální době, není zázračnějšího zapojení. Prakticky veškeré základní vlastnosti přijímače - citlivost, selektivita a demodulace CW a SSB signálů (směšováním) se uskutečňuje v jediném stupni osazeném JEDINÝM „haléřovým" tranzistorem. Nf signál z jeho výstupu může být již vyveden do libovolného zesilovače - do rozhlasového přijímače, „věže" apod.

Že to ale není tak jednoduché, o tom svědčí právě asi celosvětově (jednotně) řešené zapojení popsaného audionu na obvodech Clappova oscilátoru.

A co nectnosti popsaného přijímače?

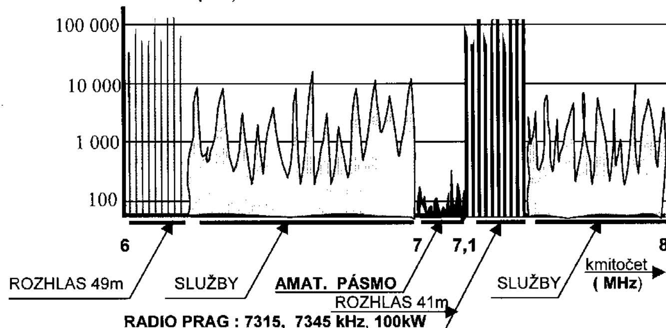
Začínající amatér - (velký nadšenec i pro radiotechniku) - po uvedení přijímače do kouzelného provozního stavu přece žádné nectnosti neuvidí. Naopak je právem hrdý na to, co dokázal! Asi to bude jeho první přijímač, a snad i trvalé pouto k amatérské zálibě a radiotechnice.

Místo označení „nectnosti" je proto vhodnější napsat „typické vlastnosti" audionového přijímače:

- Nadbytečná nf širokopásmovost - opět možnost k dalšímu experimentování.
- Zvýšená hladina šumu u slabých signálů - stav je podobný i kvalitnějším přijímačům.
- Příjem telegrafních signálů po obou stranách od nulové zázněje - toho se přece dobře využívá pro zlepšení příjmu při rušení. Zvolí se taková „strana" od nulové zázněje, kde je příjem lepší, čistší, méně rušený.
- Cejchování stupnice přijímaného kmitočtu je možné jen pro neměnné připojení antény, konstantní nastavení anténní vazby před audionem (v přijímači jsou dvě), ale i pro jedinou polohu nastavení zpětné vazby v audionu. Popsané vlivy na kmitočet audionu jsou pro jeho konstruktéra poučné a užitečné - kde jinde si v praxi ověří např. stupeň vzájemné indukční vazby?

Nelze nechat bez povšimnutí přeceňované vyzařování audionu připojenou anténou, což je jev vždy nežádoucí a přísně sledovaný! Zpravidla se potlačuje předřazením zesilovače v zapojení emitorový sledovač.

Lze se bez tohoto opatření obejít, pokud operátor bude přijímač dovedně používat - tzn., že nastaví jen takové zesílení audionu - (stupeň kladné zpětné vazby), aby amplituda kmitajícího audionu byla srovnatelná s amplitudou přijímaného signálu na vstupu audionu. V audionu se signály demodulují směšováním, nejlépe při srovnatelných am-



Obr. 1. Obsazení kmitočtů v okolí radioamatérského pásma 7 MHz

plitudových úrovní. Pozná se to i bez hlubšího uvažování. Při „silně utažené zpětné vazbě“, kdy je amplituda oscilátoru velká, je citlivost audionu natolik malá, že příjem pro běžné signály je takřka nemožný.

Je proto možné označit signál vyzařovaný anténou přijímače za výkonově rovnocenný právě přijímanému signálu. A ten je hluboko pod zákonem povolenou hodnotou a i pro blízké okolí je zcela neškodný.

Ještě poznámka k emitorovému sledovači vřazovanému mezi anténní část a vstup audionu.

Nejde o žádnou jednoduchou záležitost. Výkonové zesílení sledovače, kterým se jako zesilovač projevuje, je srovnatelné s jeho proudovým zesílením. U běžných tranzistorů je zpravidla nad 200! Aby sledovač nevnášel rušení a sám nezpůsoboval zhoršení příjmu, musí být provozován v lineárním režimu - což při síťovém napájení a kolektorovém proudu 10 mA nic neznamená. Při bateriovém napájení je však přídavná spotřeba 10 mA podstatná. Teď se již zařazení emitorového sledovače k potlačení jen nepatrného vyzařování audionu jeví jinak - spíš nevýhodně.

Další příznivé účinky předřazeného emitorového sledovače - lepší oddělení antenní části od audionu z hlediska kmitočtových vlivů - jsou určitě užitečné.

Stavba přijímače

Rozhodnutí pro stavbu přijímače, výběr, nákup a ověření součástek

Rozhoduj se podle svého nadšení. Je-li opravdové, snadno a s úspěchem dokážeš vyřešit všechno potřebné, abys měl vlastnoručně postavený pěkný amatérský přijímač. Zvolený cíl tě naučí promýšlet dosud neznámé úkoly, najdeš dobrého a zkušeného přítele - technika, a to bude asi pro tvůj záměr nejdůležitější.

Při obstarávání součástek vycházej i z místa (rozměrů), které je na desce s plošnými spoji (DPS) pro každou z nich vyhrazeno. Vždy si můžeš ale udělat svůj návrh DPS a použít součástky libovolných rozměrů.

Pokud vlastníš již použité součástky, po přeměření hodnot můžeš použít veškeré pevné rezistory i potenciometry. U starých potenciometrů mimo kontrolu jejich odporu ověř vhodnou metodou, zda není odporová dráha přerušena nebo jinak poškozena (zejména prachem) apod. Na DPS je úmyslně ponechán pro potenciometry dostatečný prostor, abys mohl použít různé typy a velikosti. Na pozici P3 použij typ logaritmický (G), P1, P2 a P4 jsou vhodnější lineární (N).

Pěkný vzhled přijímače dělají i pěkné (jednotné) tvary knoflíků. Tvůj přijímač jich bude mít pět. A čím budou větší, tím lépe pro pohodlnější obsluhu a jemnější seřizování - ladění.

Pro odporové trimry je na DPS také dostatek místa. Pro nastavování jsou v tvém případě vhodné typy montované naležato. Ochrannou diodu proti přepólování zdroje v obvodu napájení si vyžádej podle jejího popisu v textu.

Zdířky jsou vhodné izolované různobarevné.

Vodiče na navinutí cívek se běžně neprodávají. Ale prodávají se nejrůznější vyřazené cívky z velkých starých zásob - a z nich získáš vf lanko.

Ladicí kondenzátor ve vstupním anténním selektivním LC obvodu použij doslova jakýkoliv, ale měl by být co nejmenší. Kapacitou určitě vyhoví nebo se dá dalšími pevnými kondenzátory přizpůsobit. Pokud použiješ ladicí kondenzátor vícenásobný - duál - triál, tak nadbytečné sekce prostě nepoužiješ. I zdánlivě starý, zašpiněný ladící kondenzátor můžeš použít. Důkladně jej štětcem vyper v roztoku prášku na praní prádla. Tato směs je velice účinná a po dokonalém opláchnutí a vysušení (třeba i maminčiným fénem) je kondenzátor „jako nový“. Kluzné části a ložiska natři vazelínou. Také se snaž zlepšit třecí kontakt u rotoru - bývá příčinou snížení jakosti celého rezonančního obvodu, ve kterém je kondenzátor zapojen. Zkratovou zkoušečkou ověř, zda nemá kondenzátor zkrat mezi statorem a rotorem.

V přijímači je v obvodu audionu na pozici C3 použit kapacitní trimr. Jeho předepsaná (doporučená) maximální kapacita je 20 až 40 pF. Je to součástka zpravidla velmi choulostivá na vliv teploty, ať je dielektrikem keramika nebo plast. Nejlépe vyhoví trimr se vzduchovým dielektrikem. Trimr s menší kapacitou je nutné doplnit pevným kondenzátorem C4. Nastavení kmitočtového rozsahu přijímače bude komplikovanější, ale při menší kapacitě proměnného kapacitního trimru bude zase lepší kmitočtová stabilita.

Další skupinou součástek jsou kondenzátory s pevnou kapacitou. Starší (již použité kondenzátory) roztřiď na elektrolytické, svitkové (fóliové) a keramické. U elektrolytických kondenzátorů buď krajně opatrný! Pokud nemáš možnost měřením ověřit jejich kapacitu a svod, tak použij nové. U ostatních kondenzátorů vyber přednostně ty, které lze použít do audionu. Vyhovující (bez testování) jsou pouze slídové a styroflexové. S požadavkem na zaručeně jakostní dielektrikum (žádný svod) jsou jako vazební kondenzátory C9 a C11 doporučeny typy ve svitkovém provedení.

Je dobré mít více různých varikapů, u nichž se předpokládá, že jsou nezávadné. Pokud získáš kanálový volič z vyřazeného televizoru, tak z něj vypájíš i čtyři použitelné varikapy (z části pro I. a III. TV pásmo). Přesto je - jako běžné křemíkové diody - také přezkoušej. Varikapy ve skleněném pouzdře (výroba před 30 lety!) jsou výborné, pokud na ně nedopadá světlo žárovky apod. Pouzdro skleněné trubičky není dokonale zastíněno a na přechod PN dopadá světlo, které v síti 230 V je vždy jasově modulováno. Varikap na toto osvětlení reaguje změnou kapacity a ta se projevuje kmitočtovou modulací oscilátoru! Proto pozor!

Na pozici T1 je přednostně doporučen tranzistor KF173 nebo jeho ekvivalent (BF173). Jde o vf typ, označený jako „neřízený mf zesilovač“. Stejně dobře se osvědčily i tranzistory KF524 a KSY72. V nf předzesilovači (T2) by se měl uplatnit každý nf bipolární tranzistor NPN s proudovým zesílením okolo 300. Typy KC nebo BC s malým šumem nezklamou.

U tranzistorů je vhodné ověřit správnou funkci přechodů PN (B-E, B-C). Vývody tranzistorů si označ barevnými bužírkami. Chyba při pájení tranzistorů do DPS je jedna z nejčastějších. Budeš-li mít podezření, že je tranzistor vadný a dotyčný stupeň přijímače nepracuje, tak tranzistor vyměň. Potom hned poznáš rozdíl.

Stabilizátor IO2 je běžná součástka. Také IO1 LM386 je běžný typ, i když může být ve více verzích. Tobě plně vyhoví ta, která je v prodeji.

O umístění reproduktoru do skříňky přijímače je ještě předčasné hovořit, natož jej nakupovat. Rozhodnutí odlož až po měsíčních testech přijímače v provizorním provedení.

Také nákup skříňky během celé doby testování přijímače zvažuj a rozhoduj se podle nabídky v obchodě. Zde se nesmíš unáhlit - skříňka je cenově nejdražší položkou.

Materiál na drátovou anténu si vyměř předem, pořiď si náčrtek. Doporučená délka je 20 m ($\lambda/2$) - od izolátoru až k banánku v přijímači. Nemáš-li 20 m od okna vhodnou podpěru, prodluž anténu za koncovým izolátorem napínacím drátem až třeba na strom nebo na střechu vzdálenou 50 m od domu!

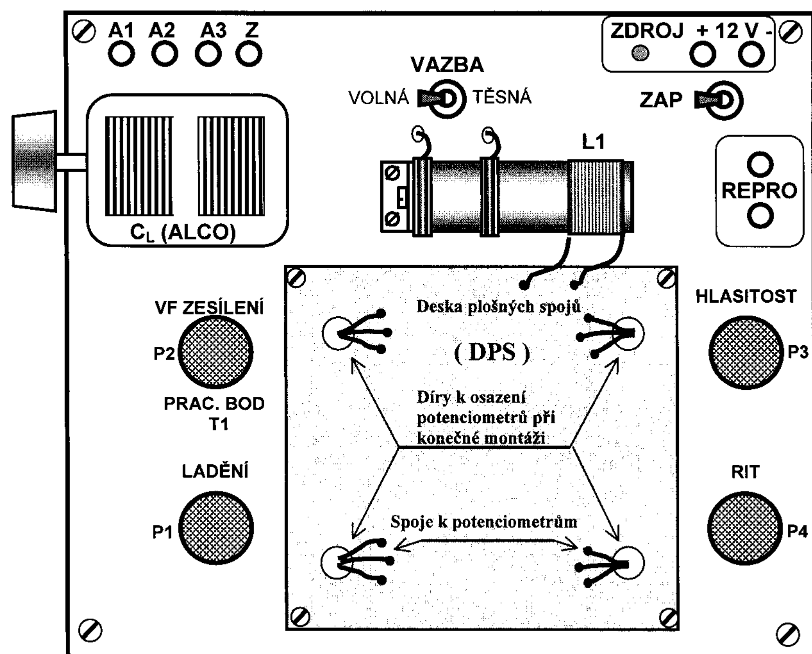
Popisy a pokyny ke zhotovení dvou vf cívek do ladicích obvodů jsou uvedeny dále. Jedině tyto dvě součástky si vlastnoručně zhotovíš.

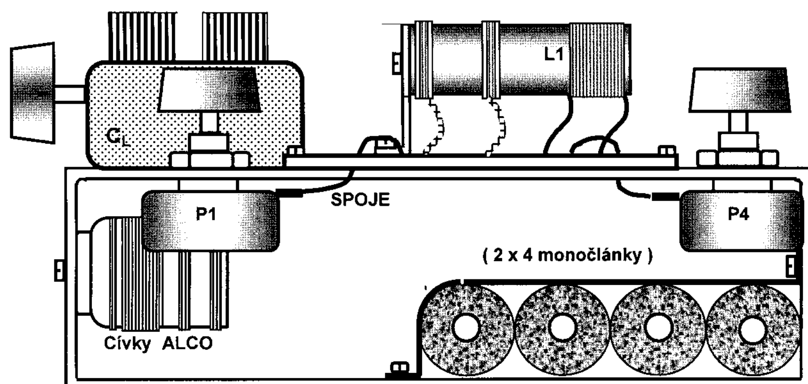
Konstrukce přijímače

Téměř všechny součástky přijímače jsou připájeny a upevněny na desku s plošnými spoji (DPS), včetně čtyř potenciometrů. Tím se DPS po osazení (a nastavení odporových trimrů) stává samostatným funkčním celkem, (s připojenou cívkou L1), který je již schopen fungovat jako přijímač. Vstupní anténní selektivní *LC* obvod (ALCO) tvoří samostatnou konstrukční jednotku, která je umístěna mimo DPS, ale v její blízkosti.

Celý přijímač je vhodné nejprve postavit „nanečisto“ na horní stěnu kartonové krabice a teprve po uvedení do provozu a dokonalém „vychytání všech much“ jej přestavět „načisto“ do ploché plastové skříňky.

Konstrukce přijímače na kartonové krabici je znázorněna na obr. 2. Krabice musí být z pevného kartonu, její optimální půdorysné rozměry jsou 240x140 mm, výška by měla být minimálně 50 mm. Horní stěnu (panel) je nutno potáhnout hliníkovou fólií (Aloba-





Obr. 2. Konstrukce přijímače na kartonové krabici (pohled zhora a zboku)

lem), která slouží jako stínění. Na fólii je položen tuhý bílý papír, na kterém jsou popisy a potřebná označení. Krycí papír a hliníková fólie jsou v rozích připevněny k horní stěně krabice čtyřmi samořeznými šroubky.

Podle obr. 2 postupně připevněte na panel všechny součástky. V levé části panelu vyznačte prostor pro vstupní laděný obvod ALCO. Ladicí kondenzátor CL je výhodné umístit na panel shora, ale kostřička cívky LA je umístěna dovnitř krabice. Tyto součástky namontujte až po oživení celé DPS, aby nepřekážely. Ještě vyhraďte místo pro tři anténní zdířky A1 až A3 a zdířku pro protiváhu (provozní vf zem Z). Pamatujte i na přepínač „VAZBA“ u vstupního obvodu audionu. Uprostřed panelu upevněte zatím neosazenou DPS (samořeznými šroubky, které v kartonu dobře drží). Nad DPS (později) upevněte cívku L1. Cívky LA a L1 je nutné od sebe vzdálit (min. 80 mm) a orientovat je na sebe kolmo! Pokud je cívka LA uvnitř krabice, je to dostatečné oddělení. Potenciometry budou umístěny těsně vedle DPS - vlevo a vpravo, na úrovni děr, do nichž mohou být v konečném provedení přijímače ve skříňce upevněny (potenciometry jsou umístěny zrcadlově oproti konečnému provedení v plastové skříňce). Na panel montujte potenciometry postupně, tak jak osazujete a oživujete jednotlivé stupně přijímače (kvůli lepšímu přístupu k DPS při montáži součástek). Uvážlivě zkraťte hřídelky potenciometrů - s ohledem na jejich konečnou montáž do plastové skříňky.

Zbývá upevnit zdířky pro napájecí napětí 12 V a pro připojení reproduktoru (sluchátek).

Uvnitř krabice mohou být umístěny i napájecí články (ve vhodných držácích).

Stínicí hliníkovou fólii je nutné spojit se zemí na DPS. Vodiče k potenciometrům a zdířkám se vedou pod panelem a k plošným spojům jsou vyvedeny dírami v DPS (určenými pro potenciometry při konečném provedení).

Konstrukce na kartonové krabici neovlivňuje negativně funkci ani stabilitu přijímače. Sestava je schopna transportu na ukázku do školy nebo k přátelům. Snese i dlouhodobé používání - minimálně do složení operátorských zkoušek u ČTÚ.

Pro stavbu „načisto“ je nejvhodnější plochá plastová skříňka, která se skládá ze dvou dílů - spodního a horního, který je vlastně mělkou vanou. Do horního dílu se pohodlně namontuje celý přijímač včetně zdířek, vypínače a indikační LED. Pro prsty rukou jsou veškeré knoflíky dobře a pohodlně ovladatelné. Manipulace s přívodem antény je také pohodlná, aktuální připojení antény máte trvale před očima. Uspořádání součástek na panelu přijímače (na horní stěně skříňky) je na obr. 3.

Popisy na panelu přijímače je nejvhodnější provést na samolepicích štítcích potištěných tiskárnou PC, ale stačí je napsat i tuší „od ruky“.

Na spodním dílu skříňky nejsou umístěny žádné funkční nebo připojovací prvky. Pamatujte ale na propojení stínicích fólií, kterými musí být oba díly skříňky vylepeny.

Výborně se osvědčila dvoudílná skříňka U-KP15 z černé plastické hmoty se šikmou horní stěnou, která má půdorys 220x220 mm a max. výšku 78 mm. U firmy GM Electronic stojí 130 Kč.

Stručný popis funkce přijímače

Podrobné schéma přijímače je na obr. 4. Přijímač je tvořen pěti bloky. Jsou to anténní selektivní laděný *LC* obvod (ALCO), audion, nf předzesilovač, nf výkonový zesilovač a blok napájení.

Laděný obvod ALCO zlepšuje selektivitu audionu a zprostředkovává vazbu antény na přijímač.

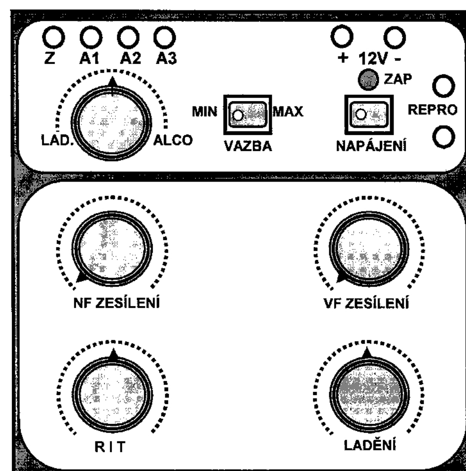
Audion zajišťuje selektivitu, zesílení a demodulaci přijímaného vf signálu.

Nf předzesilovač a nf výkonový zesilovač zesilují demodulovaný nf signál před jeho zavedením do reproduktoru nebo sluchátek.

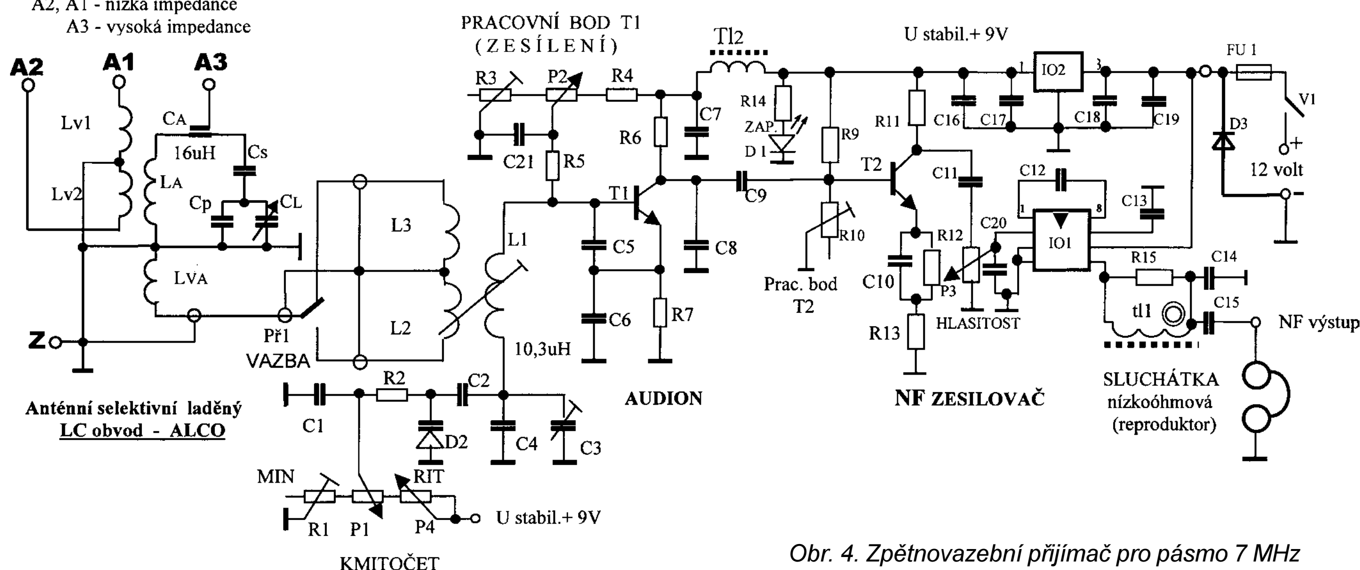
Blok napájení upravuje vnější nestabilizované napájecí napětí 12 V pro potřeby vnitřních obvodů přijímače.

Přijímač zapojujte postupně po blocích, které budete průběžně oživovat. Pořadí stavby bloků je zvoleno tak, aby pomocí již oživených bloků bylo možné uvádět do chodu a oživovat následující bloky.

Nejprve tedy zprovozněte blok napájení, pak nf výkonový zesilovač, nf předzesilovač a audion. Nakonec realizujte vstupní laděný obvod ALCO.



Obr. 3. Panel přijímače vestavěného do ploché plastové skříňky



Obr. 4. Zpětnovazební přijímač pro pásmo 7 MHz

V následujících odstavcích je vždy napřed podrobněji popsáno zapojení bloku, pak montáž jeho součástek a nakonec postup jeho oživení.

Obrazec plošných spojů a rozmístění součástek na DPS je na obr. 5. DPS je z Cuprextitu o tloušťce 1,5 mm, který je oboustranně plátován mědí. Rozměry DPS jsou 132x96 mm.

Osvědčilo se zhotovit DPS s dělicími čarami (vyrytými) a pájet součástky na straně spojů. Tím se DPS a zapojení stává přehledným a případné dodatečné úpravy s výměnou součástek jsou jednoduché.

Do desky jsou vrtány pouze díry pro čtyři potenciometry a několik děr k upevnění DPS do skříňky. Kostřička s cívkami L1 až L3 je upevněna těsně u DPS kolmo na cívku LA obvodu ALCO. Vývody cívky L1 jsou k DPS pájeny na nejkratší vzdálenost - do 4 cm.

Měděná fólie na rubové straně DPS slouží jako stínění a je na každé straně desky propojena se zemní fólii na straně součástek. Také kovová pouzdra potenciometrů jsou dokonale spojena se zemnicí fólií (pocínovat mezikruží u upevňovacích matic!). Dále je se zemí na DPS spojena země anténního laděného obvodu (ALCO), zdířka vf ZEM (protiváha) a záporný pól napájecího zdroje 12 V. Do společného zemnicího bodu na DPS je připojena kovová skříňka přijímače (pokud je použita) nebo stínicí hliníková fólie (při konstrukci do kartonové nebo plastové krabice).

Před pájením součástek musí být měděná fólie vyleštěna (na obou stranách desky!) a ošetřena proti korozi (nátěrem roztoku kalafuny v lihu).

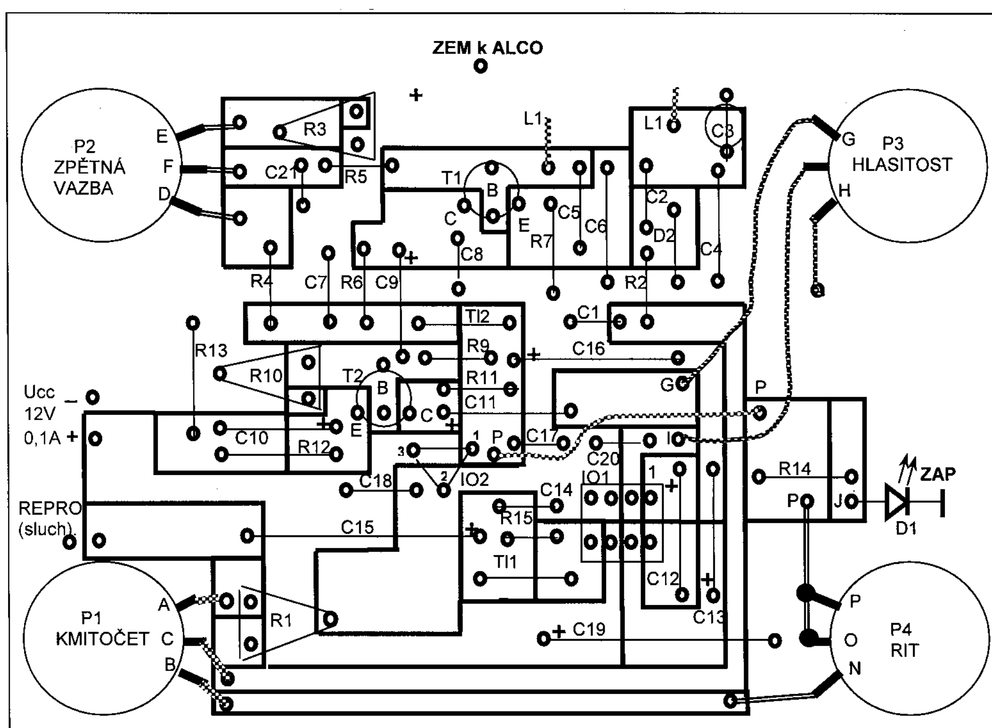
Blok napájení

Přijímač musí být napájen dobře vyhlazeným ss napětím 12 V. Záporný pól napájení je uzemněn. Napětí 12 V nemusí být stabilizováno.

Napájení se zapíná spínačem V1. Proti náhodnému přepólování zdroje je přijímač chráněn výkonovou rychlou křemíkovou diodou D3 (dimenzovanou na max. proud 10 A) a rychlou tavnou trubičkovou pojistkou FU1 (F 200 mA). Tyto dvě součástky nejsou osazeny na DPS, jejich umístění v přijímači si zvolíš sám.

Vnitřní napájecí napětí +9 V pro audion a nf předzesilovač se stabilizuje stabilizátorem 78L09 (IO2). Přítomnost napájecího napětí indikuje LED D1. Do audionu se vede napájecí napětí +9 V přes vf filtr s Tl2 a C7. Tl2 je běžná axiální tlumivka o indukčnosti 22 μH a v nouzi může být nahrazena miniaturním rezistorem o odporu 220 Ω.

Proudový odběr celého přijímače závisí především na hlasitosti při použití reproduktoru. Nf koncový zesilovač



Obr. 5. Obrazec spojů a rozmístění součástek na desce zpětnovazebního přijímače (měř.: 1 : 1)

při plné hlasitosti odebírá až 100 mA. Při použití sluchátek je odběr ze zdroje do 30 mA. Klidový odběr přijímače (bez signálu nebo s odpojenými sluchátky nebo reproduktorem) je do 20 mA. Napájecí proud je důležitou základní informací o stavu ss obvodů přijímače.

I z důvodu bezpečnosti před úrazem elektrickým proudem nedoporučuji instalovat do skříňky přijímače síťový zdroj.

V místech bez elektrické sítě 230 V je ekonomicky přijatelné i bateriové napájení. Nejvýhodnější je použít osm monočlánků. Životnost baterií se prodlouží snížením odběru poslechem pouze na sluchátka, ale i vypuštěním LED D1 (minimálně o 2 mA).

Stavbu přijímače začněte zapojením napájecích obvodů.

Umístěte na kartonovou krabici napájecí zdířky a součástky V1, FU1 a D3. Propojte je navzájem a s DPS.

Ověřte správnost napětí a polarity vnějšího napájecího zdroje 12 V a připojte tento zdroj k přijímači přes ampérmetr s rozsahem do 20 mA.

Na DPS osaďte IO2 a C16 až C19. Po zapnutí změřte odběr ze zdroje 12 V. Měl by být 3 až 5 mA (klidový proud stabilizátoru). Měřte výstupní stabilizované napětí +9 V za stabilizátorem. Pokud je v toleranci ±0,2 V, je vše v pořádku. Zapojte indikační obvod s R14 a LED D1. Opět měřte napětí +9 V na výstupu nyní již částečně zatíženého stabilizátoru. Celkový odběr proudu ze zdroje 12 V by neměl přesáhnout 8 mA.

Osaďte tlumivku Tl2 nebo její náhradu (rezistor o odporu 220 Ω) a svitkový kondenzátor C7. Tím je připraveno napájení pro obvod audionu (T1).

Nf výkonový zesilovač

Zesilovač je tvořen obvodem LM386 (IO1) s výkonem max. 0,5 W (při napájecím napětí 12 V a zátěži 8 Ω). Velikost napájecího proudu IO1 by neměla překročit 100 mA. Kondenzátorem C12 je nastaveno napěťové zesílení asi 200. Kondenzátor C13 je blokovací. Kondenzátor C20 omezuje přenos vysokých akustických kmitočtů, ale zachovává dobrou srozumitelnost při provozu SSB. Výstup IO1 je zapojen podle doporučení výrobce a zaručuje stabilitu zesilovače a zanedbatelné zkreslení. Tlumivka Tl1 je vytvořena protažením tří závitů lakem izolovaného drátu feritovým kroužkem o rozměrech ∅ 6/∅ 3 x x 4 mm (rozměry nejsou kritické).

K výstupu IO1 lze přes zdířky NF výstup (nebo přes zásuvku jack zapojenou paralelně ke zdířkám) připojit reproduktor (např. pro PC, bez zesilovače) s odporem 8 až 16 Ω nebo sluchátka s malým odporem (desítky Ω).

Pokud se rozhodneš umístit přímo do přijímače vnitřní reproduktor, tak musí být vypínatelný.

Pro IO1 zapájejte do DPS objímku, zatím neosazenou. Zapájejte veškeré součástky náležející k tomuto stupni, včetně odděleného potenciometru P3. Běžec nastavte na minimální hlasitost. Připojte reproduktor. Zapněte napájení 12 V. Odběr ze zdroje by měl být max. 8 mA. Vypněte napájení a zasuňte správně orientovaný IO1 do objímky. Napájecí proud by se měl zvětšit asi o 5 mA (na asi 13 mA). Tato velikost proudu se nemá změnit ani při odpojeném reproduktoru - ověříme to.

Rozsah ampérmetru přepněte na 200 mA. Protáčejte P3. Šum z reproduktoru má být skoro neměnný a velmi slabý. Zesilovač nemá jevit sklony ke kmitání (pískot, pazvuky apod.). Funkci zesilovače orientačně přezkoušejte tím, že se dotknete kovovým nástrojem drženým v ruce (např. pinzetou) živého konce P3. Podle nastavení P3 se musí měnit hlasitost brumu v reproduktoru.

Nf předzesilovač

Předzesilovač obsahuje NPN bipolární nf tranzistor T2 v zapojení se společným emitorem. Pracovní bod tranzistoru je můstkově stabilizován a nastavuje se trimrem R10 tak, aby na kolektoru T2 bylo napětí +4 až +5 V (vůči zemi). Kolektorový proud je menší než 100 μA, čímž je zaručen minimální šum. Napěťové zesílení zesilovače je stabilizováno zpětnovazebním rezistorem R13 a je asi 30. Vazební kondenzátory C9 a C11 mají účelově sníženou kapacitu a vhodně tak potlačují přenos nežádoucích nízkých kmitočtů. Předzesilovač je napájen stabilizovaným napětím +9 V.

Nf signál z předzesilovače se vede do nf výkonového zesilovače přes logaritmický potenciometr P3 pro ovládání hlasitosti (NF ZESÍLENÍ).

Na DPS osaďte všechny součástky tohoto stupně. Spoj od C11 k potenciometru P3 veďte v těsné blízkosti zemnicí plochy. Tím se má nahradit lepší způsob stínění.

Trimr R10 nastavte na minimální odpor. Zapněte napájení a ověřte velikost napájecího napětí +9 V. Na kolektoru T2 musíte naměřit též +9 V (tranzistor je zavřený). Podmínkou je samozřejmě vysoký vstupní odpor připojeného voltmetru (např. 10 MΩ u digitálního multimetru). Napájecí proud přijímače by měl být stále asi 13 mA. Zvětšením odporu trimru R10 nastavte kolektorové napětí T2 asi 4,5 V.

Citlivost na vstupu nf předzesilovače musí být již tak velká, aby v reproduktoru bylo slyšet brum již při pouhém přiblížení ruky k C9.

Audion

Audion je zapojen jako Clappův oscilátor s bipolárním tranzistorem T1 a laděným obvodem s cívkou L1.

Laděným obvodem audionu je určován kmitočet přijímaného signálu. Obvod se v pásmu 7,0 až 7,1 MHz přelaďuje varikapem D2. Ladicí napětí pro varikap se odebírá z potenciometru P1 (KMITOČET), na který je přiváděno stabilizované napětí +9 V. Potenciometrem P4 (RIT) lze přijímač jemně dolaďovat. Trimry R1 a C3 se nastavují meze rozsahu přijímaných kmitočtů.

Přijímaný vf signál z ALCO je na cívku L1 navázán jednou z vazebních cívek L2 a L3, které lze volit přepínačem Př1 (VAZBA). Cívky L2 a L3 jsou pohyblivé vůči L1, takže lze v širokých mezích měnit činitele vazby mezi L2 (L3) a L1.

Nastavením vhodné vazby je možné zeslabit příliš silný přijímaný signál a optimalizovat selektivitu přijímače. Při vzdálenějších cívkách je činitel vazby menší, laděný obvod je méně tlumen a přijímač je selektivnější.

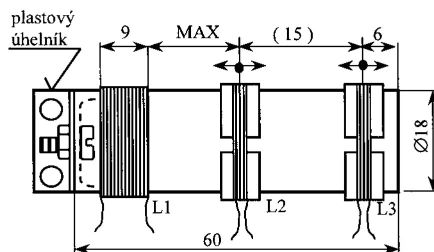
Potenciometrem P2 (VF ZESÍLENÍ) se ovládá pracovní bod tranzistoru T1 a tím i stupeň kladné zpětné vazby v audionu. Zpětná vazba se zvětšuje („utahuje") zvětšováním kladného napětí na bázi T1. Při zvětšování zpětné vazby se zvětšuje zesílení audionu až do bodu, ve kterém ze rozkmitá. Při rozkmitání pracuje audion jako přímosměšující přijímač a umožňuje přijímat CW a SSB. Pokud jsou vlastní kmity slabé (srovnatelné s napětím přijímaného signálu), má audion největší citlivost a vyzařování vlastních kmitů anténou je zanedbatelné. Při dalším zvětšování zpětné vazby úroveň vlastních kmitů stoupá, což má za následek pokles citlivosti přijímače a zvětšené nežádoucí vyzařování. S příliš silnou zpětnou vazbou by se tedy audion neměl provozovat. Vhodná pracovní oblast potenciometru P2 se nastavuje trimrem R3.

Z kolektoru T1 je odebírán demodulovaný nf signál do nf předzesilovače.

Cívka L1je navinuta na kostřičce z plastové trubky o průměru 18 mm (např. z popisovače MARKER TABLEAUX BLANCS apod.), ze které použijeme část se dnem dlouhou 60 mm.

Ze stejné trubky jsou odřezány dva prstýnky široké 8 až 10 mm, které jsou rozříznuty a kluzně navlečeny na trubce s L1. Na prstýncích jsou navinuty vazební cívky L2 a L3.

Cívky L1 až L3 jsou navinuty těsně vf lankem 10x až 20x 0,05 mm. Cívka L1 má mít indukčnost 10,3 μH a má 24 závitů. Cívky L2 a L3 mají každá 6 závitů (vinou se na prstýnky nasazené na základní trubce). Konce vinutí jsou zajištěny omotáním okolo úzkého tužšího plastového proužku podloženého pod vinutím. Vinutí jsou zpevněna včelím voskem. Rozmístění vinutí na kostřičce ilustruje obr. 6. Vývody cívky L1 zkraťte na 40 mm a cívek L2 a L3 na 100 mm a jejich konce pocínujjte (páječkou na odřezku novoduru).



Obr. 6. Konstrukce cívek L1 až L3

Cívkovou sestavu přišroubujte poblíž DPS pomocí plastového uhelníku a mozazných šroubků k panelu kartonové krabice (viz obr. 2). Osa cívky L1 musí být kolmá na osu cívky LA. Mezera mezi kostřičkou cívky L1 a panelem musí být minimálně 20 mm. Vývody cívek L2 a L3 jsou zkrouceny (od každé cívky zvlášť), jsou na ně navlečeny bužírky a jsou protaženy děrami v panelu k přepínači Př1. Musí být vedeny co nejdál od cívky L1.

Poloha vazebních cívek L2 a L3 vůči L1 se nastaví při dlouhodobém zkoušení přijímače. Hledejte tu nejvzdálenější polohu cívek L2 a L3, při které je zachována ještě dostatečná citlivost přijímače. Jedná se o nalezení kompromisu mezi selektivitou a citlivostí. Použití vazební cívky L2 (bližší k L1) předpokládejte jen v mimořádných případech (např. při prutové nebo rámové anténě). Malá vzdálenost vazebních cívek od L1 znehodnotí vlastnosti přijímače.

Zapojte na DPS všechny součástky audionu, zatím bez L1. Vývody součástek dostatečně zkraťte. Vývod tranzistoru T1 spojený s kovovým pouzdrem zkraťte, ohněte nahoru okolo pouzdra a nezapojujte. Kapacitní trimr C3 musí mít rotor spojený se zemí.

Vyzkoušejte ss pracovní bod tranzistoru T1, který zatím funguje jako obyčejný širokopásmový zesilovač.

Nastavte P3 na maximální hlasitost, (reproduktor je připojen), trimr R3 nastavte na minimální odpor, P2 nastavte do střední polohy. Po zapnutí napájení musí být na kolektoru T1 plné napájecí napětí +9 V, protože T1 je zavřený.

Otáčejte trimrem R3, až napětí na kolektoru T1 klesne na asi +5 V (vůči zemi). Pracovní bod T1 se tak posune do aktivní oblasti, což se projeví nárůstem šumu.

Dále ověřte, že se kolektorové napětí T1 mění při otáčení potenciometrem P2 (při natočení běžce P2 k R3 by se měl T1 zavřít a napětí na jeho kolektoru by mělo dosáhnout +9 V.

V aktivní oblasti pracovního bodu ověřte zesílení T1 dotekem báze T1 rukou. Protože báze T1 je spojena přes kondenzátory C5 a C6 se zemí, nebude brum v reproduktoru příliš silný.

Je-li funkce T1 ve ss oblasti v pořádku, zapojte cívky L1 až L3. Máte-li kontrolní komunikační přijímač a GDO, bude práce pokračovat zcela plynule.

Úkolem je uvést audion do provozu v pásmu 7000 až 7100 kHz.

U kontrolního přijímače použijte jako anténu kus drátu položeného do blízkosti R7 audionu a nastavte provoz CW, šířku pásma 2,5 až 3 kHz, plnou vf citlivost a střední hlasitost.

Nejprve seřiďte mezní kmitočet audionu 7100 kHz. Nastavte kontrolní přijímač na kmitočet 7100 kHz. U vašeho sestavovaného přijímače nastavte hlasitost na nulu, běžec P2 k R4 (audion musí kmitat), P4 do středu dráhy a P1 a R1 tak, aby na varikapu bylo maximální ladicí napětí (a varikap měl minimální kapacitu). Otáčením C3 seřiďte podle kontrolního přijímače kmitající audion na 7100 kHz. Pravděpodobně se to nepodaří, a tak vyhledejte kontrolním přijímačem kmitočet audionu a pak změnou kapacity kondenzátoru C4 nebo změnou indukčnosti cívky L1 (feritovou tyčkou nebo změnou počtu závitů) nastavte požadovaný kmitočet audionu.

Pak seřiďte mezní kmitočet audionu 7000 kHz. Nastavte kontrolní přijímač na kmitočet 7000 kHz. Běžec P1 přetočte k trimru R1, aby na varikapu bylo minimální ladicí napětí (a varikap měl maximální kapacitu). Trimrem R1 seřiďte podle kontrolního přijímače kmitočet audionu na 7000 kHz. Ss napětí na varikapu by nemělo být menší než 2 V. Je-li kmitočet audionu stále příliš nízký, zvětšete odpor trimru R1. Je-li kmitočet audionu i při napětí na varikapu 2 V příliš vysoký, použijte varikap s větší kapacitou (nebo dva varikapy paralelně), popř. zvětšete indukčnost cívky L1 a zmenšete kapacitu kondenzátoru C4.

Seřízení mezních kmitočtů se navzájem ovlivňuje, a proto je nutné ho několikrát opakovat.

Ověřte i rozladitelnost pomocí potenciometru P4 (RIT). Právě RIT vám pohodlně zajistí přesahy v ladění přibližně o 5 kHz na obou koncích pásma.

Při seřizování kmitočtu audionu průběžně nastavujte potenciometr P2 tak, aby kmity audionu byly co nejslabší (posuzovat kontrolním přijímačem).

Tón z audionu na kontrolním přijímači musí být naprosto čistý, stabilní a pomocí P2 dobře regulovatelný také co do síly (a oscilace musí měkce nasazovat).

Je-li k dispozici GDO, můžete jím laděný obvod audionu předladit (při vypnutém tranzistoru T1, tj. při P2 vytočeném na minimální napětí na běžci).

Ověřte nasazování zpětné vazby (oscilací) audionu. Otáčejte potenciometrm P2 a podle síly tónu v kontrolním přijímači nebo charakteru šumu v reproduktoru sestavovaného přijímače se ujistěte, že kmity audionu nasazují plynule - bez „lupanců“. Nenasazuje-li vazba plynule, zkuste vyměnit T1 za jiný typ.

Technický stav přijímače umožňuje již v této etapě stavby příjem rádiových signálů AM i CW a SSB. K živému konci vazební cívcky L2 připojte anténu - drát o délce asi 5 m. Druhý konec cívky L2 vyzkoušejte uzemnit (induktivní vazba na L1) nebo odpojit od země (kapacitní vazba na L1). Jaké signály se podaří zachytit, záleží především na denní době, stavu ionosféry a provozní aktivitě. Ve všech situacích se však musí projevovat průnik některé KV rozhlasové stanice, přednostně z pásma 41 m.

Teprve nyní se začnete učit správně nastavovat zpětnou vazbu (ZESÍLENÍ) a ladit RIT na výhodnější stranu od nulového zázněje (pro signály CW).

Za přijatelně dobrý výsledek testu považujte, že přijímač „ŽIJE“, reaguje na změny nastavení kmitočtu a míry VF ZESÍLENÍ. Dobře si zapamatujte i obtížné až nesnesitelné rušení průnikem silných rozhlasových stanic. Tyto potíže má ale odstranit poslední díl přijímače - ALCO.

Anténní selektivní laděný *LC* obvod - ALCO

ALCO zlepšuje selektivitu audionu a zprostředkovává vazbu antény na přijímač. ALCO je paralelní rezonanční obvod s cívkou LA a otočným kondenzátorem CL. Je laděn v pásmu 7,0 až 7,1 MHz s přesahy ±0,5 MHz.

Anténa s nízkou impedancí (dipól středově napájený) se připojuje mezi zdířky A1 nebo A2 a Z a je na ALCO navázána indukčně - vazebními cívkami Lv1 nebo Lv2 (s odlišnými činiteli vazby).

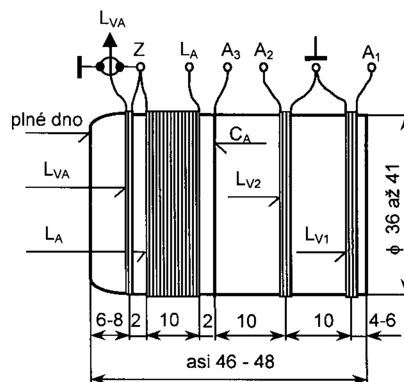
Anténa s vysokou impedancí (dipól koncově napájený nebo krátký prut) se připojuje na zdířku A3 a je na ALCO navázána kapacitně vazebním kondenzátorem CA.

Na zdířku Z se připojuje protiváha nebo zem.

Vf signál se z ALCO odebírá vazebním vinutím LvA.

Všechny cívky obvodu ALCO jsou navinuty na kostřičce z plastového víčka o průměru 36 až 41 mm (např. z lahvičky od ústní vody STOMA apod.). Relativně velký průměr kostřičky umožňuje u cívky LA snadno dosáhnout požadované vysoké jakosti Q a tím i velké selektivity obvodu ALCO. Při jiném průměru cívky LA je potřebné změnit počet závitů, aby byla zachována její indukčnost 16 μH (±0,5 μH). Provedení cívek LA atd. ilustruje obr. 7. Kondenzátor CA pro kapacitní vazbu antény je vytvořen jako jeden závit libovolného vodiče (např. stejného jako u cívky LvA). Jeden vývod tohoto závitu je vyveden na zdířku A3, druhý je izolován.

Cívky LA atd. jsou navinuty těsně, cívka LA je navinuta měděným lakovaným drátem o průměru 0,5 mm, cívky LvA, Lv1 a LvA jsou navinuty vf lankem 10x až 20x 0,05 mm nebo měděným lakovaným drátem o průměru 0,2 až 0,3 mm. Cívka LA má 18 závitů, cívka LvA má 2 závity a cívky Lv1 a Lv2 mají každá 6 závitů. Konce vinutí jsou zajiš-



Obr. 7. Konstrukce cívek LA, Lv1, Lv2 a LvA obvodu ALCO

těny omotáním okolo úzkého tužšího plastového proužku podloženého pod vinutím. Vinutí jsou zpevněna včelím voskem. Vývody všech cívek zkraťte na asi 100 mm (definitivně se zkrátí na minimální potřebnou délku až při stavbě přijímače „načisto“) a pocínujte.

Kostřičku s cívkami pro obvod ALCO připevněte mosazným šroubkem (procházejícím dnem kostřičky) zevnitř pod přední panel kartonové krabice (v místě pod ladicím kondenzátorem CL). Mezi dno kostřičky a panel vložte plastovou vložku tlustou 5 až 6 mm. Cívky obvodu ALCO musí být vzdáleny od cívek audionu alespoň 80 mm!

Ladicí kondenzátor CL má být na horní straně panelu poblíž anténních zdířek (viz obr. 2) a jeho stator je připojen v serii s kondenzátorem Cs na živý konec cívky LA.

Zapojte všechny součástky obvodu ALCO a obvod nastavte.

Nastavení obvodu ALCO spočívá ve výběru rozprostíracích kondezátorů Cp a Cs s takovou kapacitou, aby bylo možné přelaďovat obvod v pásmu 7,0 až 7,1 MHz s přesahy asi 0,5 MHz. Při indukčnosti 16 μH cívky LA je potřebná změna rezonanční kapacity pro přeladění v pásmu 7,0 až 7,1 MHz pouze asi ±0,5 pF okolo střední hodnoty asi 32 pF, takže ladění běžným kondenzátorem bez rozprostření by bylo příliš hrubé. Kapacity rozprostíracích kondenzátorů vypočtěte podle kapacity použitého ladicího kondenzátoru na základě vztahů pro určení výsledné kapacity paralelní nebo sériové kombinace kondenzátorů.

Rezonanční kmitočet ALCO nastavte hrubě pomocí GDO a jemně s využitím sacího efektu.

Sací efekt představuje jev, při kterém ALCO, jestliže se přesně naladí na kmitočet kmitajícího audionu, odsává z audionu energii a zeslabuje jeho kmity. Pracuje-li audion těsně za hranicí rozkmitání (nastavit potenciometrem P2, rozkmitání se projeví typickým zesílením šumu v reproduktoru sestavovaného přijímače), potom při odsátí energie kmity audionu vysadí, což se projeví zeslabením šumu. Při rychlém přelaďování ALCO přes kmitočet audionu se odsávání energie projevuje lupáním v reproduktoru.

Využitím sacího efektu lze tedy na základě akustické indikace zjistit, je-li ALCO naladěn na kmitočet v rozsahu přeladitelnosti audionu.

Anténa připojená do zdířky A3 je zcela izolována od země. Aby se odstranila statická elektřina z antény, můžete propojit zdířku A3 se zemí přijímače přes rezistor 50 kΩ/1W, přes doutnavku s malým zápalným napětím nebo přes antiparalelně zapojené diody LED nebo antisériově zapojené Zenerovy diody na napětí 5 až 9 V (pozor, na diodách se mohou směšovat silné signály). Používat přijímač v bouřkovém prostředí je nepřípustné! Je potřebné si zvyknout po skončení práce s přijímačem odpojit antény a vždy je uzemnit na připravený zemnič.

Obsluha přijímače

Po zapojení a oživení přijímače opatřete všechny ovládací prvky knoflíky (čím větší knoflík, tím jemnější ovládání) a přijímač vyzkoušejte ve skutečném provozu na pásmu.

V reprodukci nesmí být brum, který by mohl být způsobený špatnou filtrací napájecího napětí nebo blízkostí vodičů se síťovým napětím.

Pokud již nemáte zřízenu vhodnou anténu pro příjem na 7 MHz, tak je k tomu nejvyšší čas! Anténa musí být umístěna ve volném prostoru co nejvýše (nad 10 m) a vzdálena od železobetonových stěn a střech budov, ze kterých se do ní indukuje silné rušení.

Vyhovující je např. půlvlnný dipól koncově napájený, což je drát o celkové délce 20,07 m, který je opatřen na jednom konci banánkem zasunutým do zdířky A3 přijímače (dipól má na konci impedanci 2 až 5 kΩ) a na druhém konci (vajíčkovým) izolátorem. Protiváha se nepoužije.

Dobrý je také půlvlnný dipól (drát o délce rovněž 20,07 m) středově napájený. Dipól má ve středu impedanci 50 až 80 Ω, takže jej lze připojit k přijímači (do zdířek A1 nebo A2 a Z) libovolně dlouhým přizpůsobemým napaječem (např. koaxiálním kabelem se symetrizačním členem balun). Protiváha se nepoužije.

Jako anténu lze ovšem použít i drát o délce několika metrů (popř. $\lambda/4$ o délce 10,03 m nebo $3\cdot\lambda/4$ o délce 30,1 m) zapojený do zdířky A1 až A3 (vyzkoušet!). Ke zlepšení účinnosti takové antény se zdířka Z uzemní (např. na vodovod) nebo se k ní připojí protiváha (drát o délce asi 10 m položený na zemi v opačném směru od přijímače než anténa.

Pokusy s přijímačem si naplánujte na celých 24 hodin, nejlépe mezi sobotou a nedělí, když probíhá významnější amatérský závod jak telegraficky, tak telefonicky - SSB. Poznáte netušené rozdíly v šíření radiových vln během těchto 24 hodin a klíčový význam ionosféry pro KV spojení do různých směrů a světových oblastí, tak i vlivy na sílu signálu, QSB atd.

Při přijmu za různých podmínek zkoušejte posouváním prstýnků s cívkami L2 a L3 upravovat vazbu vf signálu do cívky L1 audionu. Teprve po více testech (po několika dnech) je možné nastavit optimální polohu cívek L2 a L3. Příčinou nutnosti takto trpělivě experimentovat je nesmírně velký rozsah síly signálů během dne (noci) a značný rozptyl v hladině vlastního atmosférického rušivého pozadí (QRN).

Nepříjemné, ale zajímavé a cenné jsou poznatky o zaplavení KV silnými rozhlasovými signály v důsledku momentálně příznivého stavu ionosféry, se kterým se při rozhlasovém vysílání na KV plánovitě počítá.

Také České **RADIO PRAG** plně využívá vhodné časy k šíření a na pásmu 41 m denně vysílá s mohutným výkonem vysílačů (100 kW!), zpravidla na kmitočtech 7315 a 7345 kHz.

...A to se řekne jednoduchý přijímač!... Ale on je opravdu jednoduchý!

Seznam součástek

R1	150 kΩ, trimr, ležatý
R2	100 kΩ, miniaturní
R3	1,5 kΩ, trimr, ležatý
R4	10 kΩ, miniaturní
R5	6,8 kΩ, miniaturní
R6	15 kΩ, miniaturní
R7	1 kΩ, miniaturní
R9	1 MΩ, miniaturní
R10	220 kΩ, trimr, ležatý
R11	68 kΩ, miniaturní
R12	18 kΩ, miniaturní
R13	680 Ω, miniaturní
R14	3,3 kΩ, miniaturní
R15	470 Ω, miniaturní
P1	100 kΩ/lin., potenciometr
P2	330 až 1000 Ω/lin., potenciometr
P3	100 kΩ/log., potenciometr
P4	10 kΩ/lin., potenciometr
CA, Cp, Cs	viz text
C1, C21	100 nF, keramický
C2	220 až 1000 pF, slídový, styroflexový
C3	20 až 40 pF, trimr (viz text)
C4	5 až 30 pF, slídový (viz text)
C5	220 pF, slídový
C6	470 pF, slídový
C7	1 μF/63 V, fóliový
C8	6,8 nF, fóliový
C9, C11	220 nF, fóliový
C10, C12, C13, C16	10 μF/35 V, radiální
C14	47 nF, fóliový
C15	100 μF/16 V, radiální
C17, C18	68 nF, keramický
C19	1 μF/50 V, radiální
C20	2,2 nF, keramický
CL	ladicí kondenzátor vzduchový o max. kapacitě 50 až 500 pF
cívky a tlumivky	viz text
D1	LED zelená, 5 mm, 2 mA
D2	KB109 (KB113) apod.
D3	BY359-1500 apod. (viz text)
T1	KF173, KF524 apod. (viz text)
T2	KC509, BC550C apod. (viz text)
IO1	LM386
IO2	78L09
FU1	pojistka F 200 mA
Př1	páčkový přepínač jednopólový
V1	páčkový spínač jednopólový
držák pojistky	
zdířky izolované (8 kusů)	
ovládací knoflíky (velké) (5 kusů)	
deska s plošnými spoji	
plastová skříňka	
vodiče, spojovací materiál atd.	

Literatura

CQ-DL 1/1973 (Popis audionu)

Na věcné dotazy s přiloženou ofrankovanou obálkou s nadepsanou zpáteční adresou odpoví autor na adrese: Josef Novák, 1. ČS. ARM. SB. 1302/6, 708 00 OSTRAVA PORUBA
E-mail: josef.novak@centrum.cz